



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

VARIACIONS DE LA REFRACCIÓ PERIFÈRICA EN ELS DIFERENTS MERIDIANS OCULARS

MARTA FERNÁNDEZ PADILLA

DIRECTORES

MIREIA PACHECO I CUTILLAS

NÚRIA VILA I VIDAL

DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

JUNY 2014



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

Les Sres. Mireia Pacheco i Cutillas i Núria Vila i Vidal com a directores del treball

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Marta Fernández Padilla ha realitzat sota la seva supervisió el treball “Variacions de la refracció perifèrica en els diferents meridians oculars” que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signem aquest certificat.

Sr/Sra. Mireia Pacheco i Cutillas

Director/a del treball

Sr/Sra. Núria Vila i Vidal

Director/a del treball

Terrassa, 13 de juny de 2014

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

VARIACIONS DE LA REFRACCIÓ PERIFÈRICA EN ELS DIFERENTS MERIDIANS OCULARS

RESUM

OBJECTIU: Aquest estudi mesura l'error refractiu perifèric i analitza les asimetries refractives en les diferents zones de la retina d'una mostra de subjectes joves.

MÈTODE: S'ha mesurat l'error refractiu perifèric a un total de 42 estudiants de la FOOT (Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa) amb un rang d'edat entre 18-30 anys. Les mesures es van realitzar, sense administrar midriàtics ni cicloplègics, amb un autorefractòmetre de camp obert (ShinNipponNVisionK-5001) amb l'estímul de fixació DFME. Les mesures de l'error refractiu perifèric es van realitzar al llarg dels meridians principals oculars (horitzontal i vertical) i oblics (45° i 135°) en diferents excentricitats (10° i 15°) per tots els meridians i, també, a 20° en el cas del meridià horitzontal.

RESULTATS: El quadrant superior de la retina nasal, evidencia una tendència clara cap a miopia relativa, on el meridià vertical a la zona superior, actua de límit entre la major hipermetropia relativa i la miopia relativa. A més, la zona del sector situat entre el meridià oblic (135° - 315°) i meridià horitzontal de la retina temporal, presenten el valor més alt d'hipermetropia relativa.

CONCLUSIONS: L'asimetria de l'error refractiu trobada en les zones superior-nasal i superior-temporal, suggereix que existeix una asimetria en la forma del pol posterior de l'ull. La zona superior-nasal, degut a la presència de miopia relativa, pot caracteritzar-se amb una forma oblata, mentre que, la resta de zones de la retina es caracteritza amb una forma prolata, essent la zona de la retina superior-temporal la que mostraria la forma prolata més pronunciada degut a que mostra els valors d'hipermetropia relativa més alts.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

VARIACIONES DE LA REFRACCIÓN PERIFÉRICA EN LOS DIFERENTES MERIDIANOS OCULARES

RESUMEN

OBJETIVO: Este estudio mide el error refractivo periférico y analiza las asimetrías refractivas en diferentes zonas de la retina de una muestra de sujetos jóvenes.

MÉTODO: Se ha medido el error refractivo periférico a un total de 42 estudiantes de la FOOT (Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa) con un rango de edad entre 18-30 años. Las medidas se realizaron, sin administrar midriáticos ni ciclopléjicos, con un autorefractómetro de campo abierto (Shin Nippon NVision K-5001) con el estímulo de fijación DFME. Las medidas del error refractivo periférico se realizaron a lo largo de los meridianos principales oculares (horizontal y vertical) y oblicuos (35° y 135°) en las diferentes excentricidades (10° y 15°) para todos los meridianos y, además, en los 20° para el meridiano horizontal.

RESULTADOS: El cuadrante superior de la retina nasal, evidencia una tendencia clara hacia miopía relativa, donde el meridiano vertical en la zona superior, actúa de límite entre el valor mayor de hipermetropía y de miopía relativa. Además, en la zona del sector situado entre el meridiano oblicuo (135° - 315°) y el meridiano horizontal de la retina temporal, presentan los valores más altos de hipermetropía relativa.

CONCLUSIONES: La asimetría del error refractivo encontrada en la zona de la retina superior-nasal y superior-temporal sugiere que existe una asimetría en la forma del polo posterior del ojo. La zona superior-nasal, debido a la presencia de miopía relativa, puede caracterizarse con forma oblata, mientras que, el resto de zonas de la retina se caracterizaría por una forma prolata, siendo la zona de la retina superior temporal la que mostraría la forma prolata más pronunciada, debido a muestra los valores más altos hipermetropía relativa.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

VARIATIONS OF THE PERIPHERAL REFRACTIONS IN DIFFERENTS OCULAR MERIDIANS

ABSTRACT

PURPOSE: This study analyzes the peripheral refraction and analyzes refractive asymmetries on different retinal areas of a sample young subject.

METHODS: It was measured the refractive peripheral error in a total of 42 young subjects between 18-30 years, from FOOT (Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa). The measurements were captured with an open field autorefractor (Shin Nippon NVision K-5001) at the principal meridians (horizontal and vertical) and two oblique (45° - 225° and 135° - 315°) in 10° and 15° eccentricities for all meridians, and 20° eccentricities in horizontal meridian too. These measurements were valued without mydriatics or cycloplegics.

RESULTS: The superior quadrant of the nasal retina has shown relative myopia which the vertical superior meridian acts as limit of the greatest relative hyperopia and relative myopia. The section of superior temporal between 135° and 180° has shown the greatest relative hyperopia.

CONCLUSIONS: The asymmetria of refractive peripheral error found in superior-nasal retina and in superior-temporal retina indirectly indicates an asymmetria in the shape of posterior of the eye. The superior-nasal retina, due to the relative myopia presented, it can be characterized with oblate shape, while the rest of the retina is characterized with a prolate shape where the superior-temporal retina, due to the greatest relative hyperopia presented, it can be characterized with the most prolate shape.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

VARIATIONS OF THE PERIPHERAL REFRACTIONS IN DIFFERENTS OCULAR MERIDIANS

SUMMARY

BACKGROUND INFORMATION

The peripheral optics of the eye provides insight into changes in retinal shape associated with refractive error development and the process of emmetropization. This concept has been supported by animal studies. It has also been hypothesized that relative hyperopic blur in the peripheral retina is a risk factor for the development of central myopia in both children and adults.

Different studies have investigated refractive status in the retinal periphery in relation to age, impact of orthokeratology lenses on peripheral optics, ethnicity, for the purposes of designing ophthalmic lenses to correct peripheral refractive errors. A wide range of techniques have been used including Hartmann-Shack aberrometry, off-axis retinoscopy, the double-pass technique, photorefracton and open-field autorefracton. These studies are in agreement that refractive errors in the periphery differ from those measured at the fovea, with the amount and type presenting considerable individual variability. Several studies have reported differences in the peripheral refraction patterns of emmetropes, hypermetropes and myopes. Emmetropes eyes tend to exhibit constant refraction along horizontal meridian, hypermetropes eyes tend to exhibit relative myopic shifts in the periphery along the horizontal meridian, for the myopes eyes tend to exhibit relative hyperopic shifts. However, there is controversy regarding the relative peripheral shifts in other meridians.

Due to the influence of the refractive error with eye shape, some studies have described different forms for the surface posterior eye pole to associate refractive error. Therefore, the hipermetropes eyes suggest has oblate shape, for the myopes eye has prolate shape and emmetrope eye has spherical shape.

There has been little investigation of the relationship of peripheral refractive errors in different areas of the retina. This study was devised to measure the peripheral refraction in four meridians to analyze the temporal and nasal retina, superior and inferior retina, superior-nasal and inferior-temporal retina, and finally, superior-temporal and inferior-nasal. Using vector analysis, we sought to determine whether the relative refractive shifts and peripheral refraction profiles differ in different ocular meridians.

PURPOSE

The purpose of this study was to measure peripheral refraction across the horizontal, vertical and two oblique meridians (45°-225° and 135°-315°) in a group of university students to investigate retinal asymmetry in the human retina.

The objectives of this study are:

- * To determine whether there are significant differences between the central and peripheral refractive error along the ocular meridians investigated.
- * To describe and characterize the peripheral refractive error in different meridians and eccentricities of the eye.
- * To determine if the values of Relative Peripheral Refractive Error (RPRE) indicate any trend as a function of ocular shape and eccentricity.

EXPERIMENTAL METHOD

Sample Selection

A total of forty-two young persons aged between 18 – 30 years, were recruited from FOOT (Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa) with homogenous conditions as to visual environment, visual demands and socioeconomic level. The sample was to meet certain requirements to be included in the study: no history of ocular pathology, visual acuity 0.8 or more, astigmatism refraction 4.00 diopters or less in the right eye, anisometropia below 1.75 diopters, pupil diameter 4 millimeters or more and the normal binocular vision.

To ensure that subjects met the inclusion criteria, their refractive errors were measured by an open field autorefractor.

Method

Measurements of central and peripheral refraction were performed with an Shin Nippon NVision-K5001 autorefractor. This instrument has been shown to provide accurate and reliable on-axis refraction compared with subjective refraction. The open field view design of the autorefractor allows measurement of off-axis refraction to $\sim 30^\circ$ eccentricity in the horizontal meridian and to $\sim 15^\circ$ eccentricity in the vertical and oblique meridians, due to limitations imposed by the frame of the viewing window.

Initially, the subject was asked to observe a yellow LED mounted on the DFME instrument (Device For the Measurement of Eccentric fixation) at a 3 meters distance and the refractive error was measured in primary position. Next, the subject was requested to follow the LED in different positions. The subject's head was held stable, requiring the subject to turn his or her eyes to view the light fixation in each eccentric location.

All measurements were made at a low photopic level to ensure the pupil size was a minimum of 4 millimeters in diameter. No cycloplegic or mydriatic was used for central and peripheral refraction and three repeated measurements of refraction were averaged from each position. Peripheral refractions were determined at 18 retinal locations up to 20° eccentricities in horizontal and up to 15° eccentricities vertical and oblique meridians in steps of 10° to 10° eccentricity and in steps 5° to 15° and 20° eccentricities.

RESULTS

The mean value of the refractive error (spherical equivalent) based on central objective refraction was $-1.87 \pm 2.47D$ which indicated a low miopia typical of the characteristics of the sample study: university students who live in an urban environment.

Our results coincide with those of Chen X, et al. (2010) in the superior-retina found the most negative refractive values with increasing eccentricity for excentric M component. In our study, were found in the superior-nasal quadrant of the retina the most negative values while the superior-temporal retina (oblic meridian 135° - 315°) shows the most positive values for the excentric M component. Specifically, the superior-temporal sector between horizontal meridian and oblic meridian (135° - 315°) concentrates the most significant positive results for M component relative to axial M component.

In order to analitze refractive asymetries in the posterior pole was used the Relative Peripheral

Refractive Error (RPRE). The Relative Peripheral Refractive Error (RPRE) was calculated for each eccentricity for all four all meridians studied. This analysis indicates that the superior-nasal quadrant shows relative myopia in all locations studied. It is specifically in the superior retina of the vertical meridian where found the higher relative myopia values which increased with eccentricity. Therefore, Relative Peripheral Refractive Error (RPRE) shows a tendency for relative hyperopia to increase with eccentricity in all meridians, except in the superior-nasal quadrant of the retina which presents relative myopia as indicate earlier.

The vertical meridian in the superior retina represents a geographical limit in the retina which divides the two areas of the greatest refractive contrast: superior-nasal which presents relative myopia and superior-temporal which presents relative hyperopia. On the other hand, the horizontal meridian of the temporal retina shows the positive greatest relative significant differences comparing to central values and to nasal retina. In the study by Ehsai A, et al. (2011) was shown in myopes subjects have shown relative hyperopia in all areas of the retina and in emmetropes ($\pm 0.50D$) subjects have shown constant refraction except to the vertical-superior meridian has found relative myopia. However, Atchison DA, et al. (2006) found that the central refractive magnitud affects the values of relative hyperopia and relative myopia. In this study, the mean refractive error of these myopes was ($M_0 = -5.00D$ and $M_0 = -6.00D$) which is different to the mean refractive error of our sample ($M_0 = -1.87D$). The differences for myopia magnitud between our group and Atchison DA, et al. (2006) group's could explain the differences found. Another study (Dunne M, et al. 1993), also found relative myopia in the nasal retina like we did in our study.

The analysis of J0 and J45 component of the astigmatism indicates low magnituds of astigmatism ($< 0.1D$) which are clinically little relevant. The J0 component increase as eccentricity increases, particularly for 15° and 20° where it can double or triplicate this value. Other studies (Atchison DA, et al. 2006), have shown that the cylindrical power increases with eccentricity considerably in all meridians. In the horizontal meridian of the nasal retina, J0 component, has shown considerable values in our study ($0.33D$ and $0.55D$) of against the indirect astigmatism (direction axis 90°). The values are might have to exist blind spot in this retinal zone, and it can be influence in the peripheral refractie error.

Our values are as was found in Atchison DA, et al. (2006) study. The asymmetria increased in horizontal meridian and he was found indirect astigmatism unliked to other locations of the retina.

On the other hand, the values in this study showing increase the amount of J0 component of

astigmatism as increase excentricity as was found in the study Ehsai A, et al. (2011).

The values of J45 component astigmatism, increase significantly with eccentricity almost in all meridians analized in this study. This values has shown direct oblic astigmatism (axis direction between 0° and 45°) in the majority of eccentric location, except to the inferior-temporal quadrant has shown indirect oblic astigmatism (axis direction between 45° - 90°) which dos not coincide with results of (Atchison DA, et al. 2006) and (Ehsai A, et al. 2011).

CONCLUSIONS: The asymmetria of refractive peripheral error found in superior-nasal retina (relative myipia) and in superior-temporal retina (relative hyperopia) indirectly indicates an asymetria in the shape of posterior of the eye. The superior-nasal retina, due to the relative myopia presented, it can be characterized with oblate shape, while the rest of the retina is characterized with a prolate shape where the superior-temporal retina, due to the greatest relative hyperopia presented, it can be characterized with the most prolate shape.



AGRAÏMENTS

Aquest treball no hagués estat possible sense la col·laboració de moltes persones.

Primerament, agrair a les meves tutores Mireia Pacheco i Núria Vila per haver volgut dirigir aquest projecte tant important en la meva etapa universitària. Moltes gràcies pel vostre recolzament, confiança i dedicació en tot moment.

Gràcies als companys de la Facultat d'Òptica i Optometria, els quals, sense la seva participació no hagués estat possible el recull de totes les dades necessàries per realitzar l'estudi.

A totes aquelles persones que us vareu oferir a donar-me el vostre suport en el moment que més ho necessitava.

En especial, a la meva família pel seu esforç, il·lusió i suport incondicional al llarg de tota la meva vida.

A tots ells, moltes gràcies per haver estat present.

Marta Fernández Padilla

ÍNDEX

Capítol 1.- Estat de l'art	1
1.1.- Estudis sobre refracció perifèrica.....	1
1.1.1.- Component astigmàtica	5
1.2.- Forma ocular	6
1.3.- Tècniques de mesura	8
1.2.1.- Instruments de mesura de l'error refractiu perifèric.....	8
1.2.2.- Muntatges per realitzar mesures de l'error refractiu perifèric (ERP)	10
Capítol 2.- Plantejament de l'estudi.....	11
2.1.- Plantejament de l'estudi	11
2.2.- Objectiu general de l'estudi	12
2.3.- Objectius específics	12
Capítol 3.- Mètode experimental	13
3.1.- Descripció dels instruments	13
3.1.1.- L'autorefractòmetre.....	13
3.1.2.- Dispositiu per la mesura de la fixació excèntrica (DFME)	15
3.2.- Selecció de la mostra	17
3.2.1.- Criteris d'inclusió.....	17
3.2.2.- Procés de selecció de la mostra	17
3.3.- Condicions experimentals.....	18
3.4.- Protocol de mesura	19

Capítol 4.- Resultats	21
4.1.- Vectors de potència	21
4.2.- Anàlisi d'estadística	22
4.2.1.- Estadística descriptiva de l'edat i error refractiu central de la mostra dels subjectes	23
4.2.2.- Anàlisi dels components dels vectors de potència	23
4.2.2.1.- Descripció dels valors del component M	24
4.2.3.- Anàlisi de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) en els diferents meridians oculars	35
4.3.- Resum de resultats.....	40
Capítol 5.- Discussió i conclusions	41
Capítol 6.- Bibliografia	45
6.1.- Referències.....	45

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1: Relació entre la posició de la retina i el pla imatge en les diferents formes oculars	6
Figura 2; Exemple d'error refractiu relatiu en relació a la forma ocular	7
Figura 3; Principi òptic del doble forat d'Scheiner	14
Figura 4; Shin Nippon NVision-K5001	15
Figura 5; Caixa dels circuits elèctrics. P: potenciòmetre del temps seqüencial, V/G/B; colors verd, groc, blau (respectivament), I: interruptor, L: LED.....	16
Figura 6; Caixa de tancament dels circuits elèctrics on es pot observar el LED, la guia graduada i, a la part inferior de la imatge, el goniòmetre	16
Figura 7; Vista general del DMFE	16

<i>Figura 8; Eix de mesura i direcció de fixació</i>	18
--	----

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Diferents estudis relacionats amb l'error refractiu perifèric	4
Taula 2. Resultats selecció de la mostra.....	17
Taula 3; Subjectes participants	18
Taula 4; Equivalent esfèric axial de l'ull dret i esquerre.....	23
Taula 5; Component vectorial M en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)	24
Taula 6; Component vectorial M en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior).....	24
Taula 7; Valors del component vectorial J0 en els meridians horitzontal i oblics (T:zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)	31
Taula 8; Valors del component vectorial J0 en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior)	31
Taula 9; Valors del component vectorial J45 en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)	33
Taula 10; Valors del component vectorial J45 en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior) ..	33
Taula 11; Valors de l'ERPR en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)	35
Taula 12; Valors de l'ERPR en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior).....	35

ÍNDEX DE GRÀFIQUES

Gràfica 1; Valors del component vectorial M per tots els meridians i excentricitats	25
---	----

Gràfica 2; Diferències estadísticament significatives del component M respecte el centre per als diferents meridians i excentricitats. (L'asterisc representa $p < 0.001$, el punt representa $p < 0.05$)	26
Gràfica 3; Component M pel meridià horitzontal	27
Gràfica 4; Component M pel meridià vertical	27
Gràfica 5; Component M pel meridià oblic 45° - 225°	28
Gràfica 6; Component M pel meridià oblic 135° - 315°	29
Gràfica 7; Comparació del component M del mateix meridià per cada excentricitat	30
Gràfica 8; Valors del component J0	31
Gràfica 9; Valors del component J45	33
Gràfica 10; ERPR del meridià horitzontal	36
Gràfica 11; ERPR del meridià vertical	36
Gràfica 12; ERPR del meridià oblic 45° - 225°	37
Gràfica 13; ERPR del meridià oblic 135° - 315°	38
Gràfica 14; ERPR per a tots els meridians i excentricitats estudiats	39

ANNEXES

Annex I.- Formulari de consentiment informat

Annex II.- Valors de les diferències significatives del component vectorial M

Annex III.- Valors de les diferències significatives del component vectorial J0

Annex IV.- Valors de les diferències significatives del component vectorial J45

Annex V.- Valors de les diferències significatives de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu

Capítol 1.- Estat de l'art

1.1.- Estudis sobre refracció perifèrica

L'inici dels estudis que van començar a investigar sobre la qualitat de la imatge en la retina perifèrica es remunta a principis del s. XX, on Ferré i els seus companys Rand i Hardy (1931), van realitzar un estudi sobre la relació que hi havia entre l'agudesa visual i l'umbral de sensibilitat en la retina perifèrica.

L'any 1971, es va realitzar el primer estudi (Hoogerheide J, et al. 1971) que relacionava el desenvolupament de la miopia amb l'augment de l'error de refractiu perifèric relatiu (ERPR). En aquest estudi es mostra la relació que hi ha entre l'error refractiu de la retina perifèrica (ERP) i l'error refractiu central i, van veure que, els joves que presentaven miopia refractiva central tendien a tenir hipermetropia relativa al llarg del meridià horitzontal (temporal-nasal) de la retina perifèrica.

A mesura que han anat passant els anys, s'han realitzat més estudis que relacionen els defectes de refracció de la retina perifèrica amb l'error refractiu de la retina central (Seidemann A, et al. 2002), (Schmid GF 2003), (Atchison DA, et al. 2006), (Ehsai A, et al. 2011).

L'any 2002, (Seidemann A, et al. 2002), va realitzar un estudi a joves de 21-31 anys de la Universitat de Tübingen i a joves de 21-28 anys de la Universitat de Múrcia, on mesurava l'error refractiu perifèric en

un total de 45 localitzacions diferents de la retina perifèrica. Les mesures les va realitzar amb un autorefractòmetre i, també, amb la tècnica de doble pas basada en Hartmann-Shack. En aquest estudi, es va concloure que l'error refractiu perifèric tendeix cap a miopia relativa a mesura que augmenta l'excentricitat al llarg del meridià horitzontal, és a dir, la miopia augmenta a mesura que augmenta l'excentricitat, independentment de l'error refractiu central. A més, van veure que la miopia relativa és més baixa en les persones que tenen miopia central que en les persones hipermetrops o emmetrops.

L'estudi que va realitzar Schmid GF (2003), mesurava l'error refractiu central a 15º d'excentricitat als meridians horitzontal i vertical, a nens de 7-15 anys. En aquest estudi es va arribar a la conclusió que els nens amb condició de miopia baixa, presentaven miopia relativa lleu al llarg de la retina perifèrica en el meridià horitzontal i, hipermetropia relativa en la retina perifèrica en el meridià vertical. Els nens amb hipermetropia o emmetropia central, presentaven miopia relativa al llarg de tots els meridians de la retina perifèrica.

L'any 2006 (Atchison DA, et al. 2006), es va realitzar un estudi a persones adultes de 18-35 anys mesurant l'error refractiu perifèric en els meridians principals de l'ull (meridià horitzontal i vertical) amb un autorefractòmetre de camp obert (Shin-Nippon SR W5000). En aquest estudi van obtenir que, pel grup dels emmetrops, hi tendia haver miopia relativa al llarg del meridià horitzontal de l'ull, mentre que, pel grup dels miops va trobar diferents resultats. Aquestes persones presentaven hipermetropia relativa al llarg del meridià horitzontal, però a partir de -3.00D de miopia centrals, la hipermetropia relativa augmentava de forma més considerable. La diferència entre l'error refractiu central i perifèric al llarg del meridià horitzontal era més significatiu a mesura que augmentava l'excentricitat, independentment de l'error refractiu central. Pel meridià vertical van trobar que tendia haver miopia relativa, independentment de l'error refractiu central de la persona. El grup dels emmetrops tenien un major canvi de refracció relatiu al llarg del meridià vertical respecte de l'horitzontal. (Atchison DA, et al. 2006), (Ehsai A, et al. 2011).

Més tard, Chen X, et al. (2010), va realitzar el seu estudi a nens xinesos de 8-12 anys i a adults xinesos de 18-25 anys de diferents condicions refractives, on mesurava la refracció perifèrica al llarg dels meridians principals (horitzontal i vertical). Al finalitzar l'estudi, van veure que el grup dels miops presentaven hipermetropia relativa al llarg del meridià horitzontal i, el grup dels hipermetrops, miopia relativa, en canvi, pel grup dels emmetrops, la refracció es mantenia constant al llarg de tot el meridià horitzontal, és a dir, no hi havia diferències significatives entre l'error refractiu central i l'error refractiu perifèric (ERP). Respecte el meridià vertical, per a tots els grups d'edat i totes les condicions refractives centrals, la refracció perifèrica tendia cap a miopia relativa, encara que, pel grup amb condició de miopia moderada central (de -3.00D fins a -6.00D) mostraven un perfil refractiu constant respecte la retina central. També, van veure que, al llarg del meridià horitzontal hi havien diferències significatives entre tots dos grups, ja que, pel grup dels adults amb miopia moderada central, presentaven més

hipermetropia relativa a mesura que augmentava l'excentricitat en la retina temporal que en el grup dels nens.

Estudis més recents (Ehsai A, et al. 2011), han analitzat l'error refractiu perifèric (ERP) en els meridians oblics (45º-225º; 135º-315º) a més dels meridians principals (horitzontal i vertical) de l'ull. L'estudi es va realitzar a un total de 49 joves adults, tots estudiants de la Universitat de Bradford (Anglaterra), format per 31 subjectes miops i 18 emmetrops. Les mesures les van fer amb un autorefractòmetre de camp obert (Shin-Nippon NVision-K 5001). Els subjectes emmetrops mantenien la refracció aproximadament constant, és a dir, sense canvis de refracció relatius significants al llarg de tots els meridians i, els subjectes miops, tendien a presentar hipermetropia relativa al llarg de tots els meridians analitzats. Després de realitzar totes les mesures, les van analitzar amb l'ANOVA (Anàlisi de la Variància de Fisher) i van obtenir que pel grup dels miops en el meridià oblic (135º-315º), regió superior-temporal, presentava menys hipermetropia relativa a diferència del meridià vertical-inferior, que presentava la hipermetropia relativa major de totes les zones estudiades de la retina. Pel grup d'emmetrops, van trobar que el meridià vertical, a la regió superior, presentava miopia relativa respecte el valor central.

Les variacions de la refracció relativa, entre els meridians estudiats dels diferents estudis són relativament més miops a la retina perifèrica superior en comparació de la inferior (Dunne M, et al. 1993). A més, en el meridià oblic, a la zona de la retina superior-temporal (meridià oblic 135º-315º) és relativament més miop en comparació a la inferior-nasal, particularment a mesura que augmenta l'excentricitat. (Ehsai A, et al. 2011)

A la Taula 1 es poden observar de manera esquemàtica els estudis esmentats anteriorment. Es pot observar com, en general, els resultats dels estudis mostren una tendència en el grup dels miops a presentar hipermetropia relativa al llarg del meridià horitzontal i miopia relativa al llarg del meridià vertical.

Font	Meridià estudiat	Instrument de mesura	Edat (anys)	Resultat
Seidemann A, et al. 2002	Horitzontal /vertical	Hartmann-Sack i fotorefracció	21-31	Per totes les condicions refractives (emmetropia, miopia hipermetropia) mostraven miopia relativa.
Schmid GF 2003	Horitzontal /vertical	Autoref. Shin Nippon NVision K5001	7-15	Miops: mostraven miopia relativa en el meridià horitzontal i hipermetropia relativa en el vertical. Emmetrops i hipermetrops: miopia relativa en tots els meridians.
Atchison DA, et al. 2006	Horitzontal /vertical	Autoref. Shin-Nippon SR W5000	18-35	Miops: hipermetropia relativa al meridià horitzontal i miopia relativa en el meridià vertical. Emmetrops: miopia relativa en els meridians estudiats.
Chen X, et al. 2010	Horitzontal /vertical	Autoref. Shin-Nippon SRW 5001	8-12 i 18-25	Miops: hipermetropia relativa en el meridià horitzontal. Hipermetrops: miopia relativa al meridià horitzontal. Emmetrops: Refracció constant en el meridià horitzontal. Per totes les condicions, miopia relativa en el meridià vertical.
Ehsai A, et al. 2011	Horitzontal /vertical/ oblics	Autoref. Shin-Nippon NVision-K 5001	18-39	Miops: hipermetropia relativa en tots els meridians estudiats. Emmetropia: Refracció constant en tots els meridians excepte en el vertical-superior mostra tendència a miopia relativa.

Taula 1. Diferents estudis relacionats amb l'error refractiu perifèric

1.1.1.- Component astigmàtica

Se sap que les aberracions de l'ull augmenten quan l'objecte d'interès no està situat en l'eix visual. Les aberracions més importants que afecten a la qualitat imatge de la retina perifèrica són: l'astigmatisme i el desenfoc, essent l'astigmatisme oblic la major aberració que existeix fora de l'eix visual (Gustafsson J, et al. 2001), (Fedtke C, et al. 2009).

L'estudi que va realitzar Millodot M, et al. (1981), va mostrar que la mitjana de la potència astigmàtica no fa variacions significatives al llarg dels meridians oculars independentment de la quantitat d'error refractiu central de l'ull. En canvi, altres estudis més recents, mostren que la magnitud de la potència cilíndrica augmenta considerablement a mesura que augmenta l'excentricitat per tots els meridians oculars, independentment de l'error refractiu central (Gustafsson J, et al. 2001), (Atchison DA, et al. 2006) i (Ehsai A, et al. 2011). En un altre estudi es va plantejar que, la quantitat d'astigmatisme en el meridià horitzontal augmentava a la zona de la retina temporal i disminuïa a la zona de la retina nasal (Atchison DA, et al. 2005).

- Component d'astigmatisme amb eix horitzontal o vertical(J0), en aquest component d'astigmatisme existeixen canvis significatius a mesura que augmenta l'excentricitat. Pels subjectes amb miopia o emmetropia central, la quantitat de potència astigmàtica augmenta significativament en tots els meridians oculars de la retina perifèrica (Ehsai A, et al. 2011). Segons Atchison DA, et al. (2006), existeixen majors asimetries astigmàtiques al llarg del meridià horitzontal de l'ull respecte que en el meridià vertical i disminueix lleugerament a mesura que augmenta la miopia relativa. Aquestes asimetries, es poden atribuir a l'eix vertical de l'òptica del pol anterior de l'ull, és a dir, còrnia i cristal·lí, ja que, no s'ha trobat una correlació entre les posició d'aquestes dues estructures. (Atchison DA, et al. 2005)

Els valors més grans d'astigmatisme directe (eix de direcció a 180º) es troben en la retina temporal. (Ferree, et al. 1932), (Dunne M, et al. 1993) (Seidemann A, et al. 2002) (Atchison DA, et al. 2006)

- Component d'astigmatisme amb eix oblic (J45), la magnitud de la potència astigmàtica no fa canvis significatius a mesura que augmenta l'excentricitat en els meridians horitzontal i oblic (45º-225º, zona inferior-temporal i superior-nasal), però sí als meridians vertical i oblic (135º-315º, zona inferior-nasal i superior-temporal. (Atchison DA, et al. 2006) i (Ehsai A, et al. 2011)

1.2.- Forma ocular

La imatge projectada a la retina depèn principalment de quatre superfícies responsables de refractar la llum a través de les diferents estructures del globus ocular. Aquestes superfícies són: superfície anterior i posterior de la còrnia, superfície anterior i posterior del cristal·lí, però la completa qualitat de la imatge retinal, depèn de la distància entre els components de refracció, és a dir, entre la distància que hi ha entre el segment anterior de l'ull amb la cambra vítria i, també, de l'alineament relatiu entre la retina central i la imatge òptica. (Stone RA i Flietcroft D 2004)

Degut a l'astigmatisme existent fora de l'eix visual i les aberracions esfèriques que hi ha en la retina causades per l'asfericitat de la còrnia i el cristal·lí, la longitud focal i les propietats de les imatges fora de l'eix visual, varia segons les regions axials i paraxials de la retina. (Williams D, et al. 1996)

Estudis realitzats amb animals, mostren que hi ha una remodelació completa durant el creixement de l'ull, basada en la interacció de la retina i l'esclera. Aquesta remodelació provoca variacions en la geometria posterior de l'ull, canvis en la longitud axial, mida ocular i refracció, afectant a la forma completa i conformació de l'ull o simplement modificant la forma d'una regió focal. (Hodos W i Kuenzel WJ 1984), (Wallman J, et al. 1987), (Gottlieb M, et al. 1987) i (Norton TT i Siegwart JT 1995).

Segons l'estudi que va realitzar Smith EL, et al. (2007), va demostrar en animals que l'error refractiu perifèric té una importància rellevant en el desenvolupament de la longitud axial de l'ull. També s'ha vist que, els patrons de creixement de l'ull i les diferències en la qualitat imatge en zones localitzades poden induir canvis de refracció i diferents perfils retinals tridimensionals. Per a l'ull humà s'han descrit diferents perfils retinals (Figura 1): forma esfèrica, forma prolata (o elongació al llarg de l'eix visual) i forma oblata (o eixamplament de les dimensions de l'eix equatorial). (Stone RA i Flietcroft D 2004)

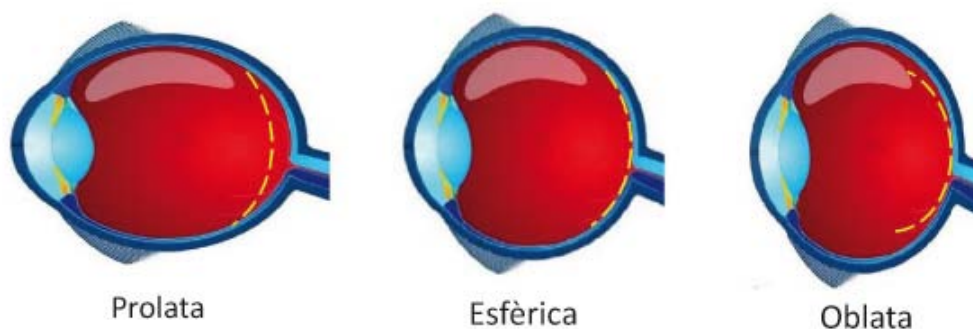


Figura 1: Relació entre la posició de la retina i el pla imatge en les diferents formes oculars

Diferents estudis suggereixen que els ulls emmetrops tendeixen a tenir forma esfèrica, els ulls miops forma prolata i els ulls hipermetrops oblata. (Stone RA i Flietcroft D 2004)(Ehsai A, et al. 2011)

S'intueix que la forma del pol posterior de l'ull és la causant de la miopia i la hipermetropia relativa. Així doncs, tal i com es veu en la Figura 2, quan l'ull té forma prolata, la retina perifèrica està més a prop respecte la retina central, és a dir, la longitud axial de l'ull és major que la longitud dels punts consecutius a la retina central, per tant, l'error refractiu tendeix cap a hipermetropia relativa. En el cas de la forma oblata, augmenta la miopia relativa degut a que la retina perifèrica està més lluny respecte la retina central, és a dir, la longitud axial de l'ull és inferior a la longitud dels punts consecutius de la retina central i la forma esfèrica, manté constant l'error refractiu en tots els punt de la retina. (Logan NS, et al. 2004) i (Seidemann A, et al. 2002)

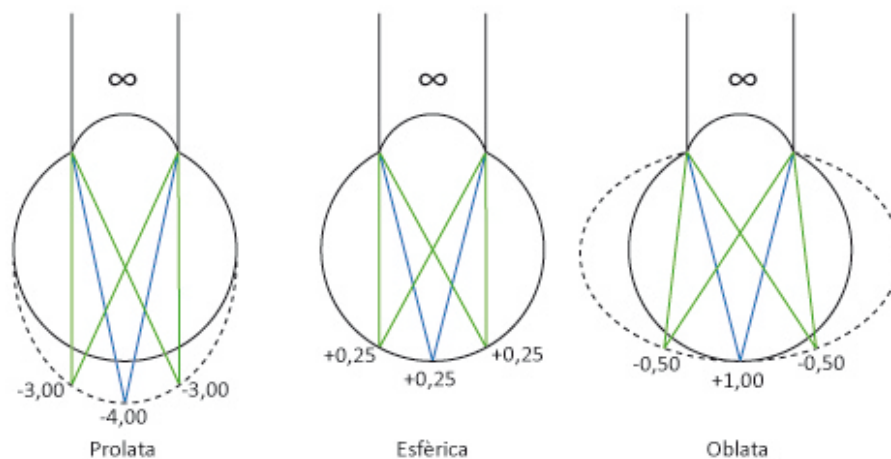


Figura 2; Exemple d'error refractiu relatiu en relació a la forma ocular

1.3.- Tècniques de mesura

Al llarg de la història sobre la investigació de l'error refractiu perifèric (ERP), s'han utilitzat diferents tècniques de mesura. Aquestes tècniques es diferencien entre sí, no només pel instrument utilitzat, sinó pel muntatge a l'hora de fer la mesura.

1.2.1.- Instruments de mesura de l'error refractiu perifèric

- Refracció perifèrica subjectiva: La mesura de manera subjectiva, és la més utilitzada per mesurar l'error refractiu central. La refracció subjectiva central és fiable en un rang de 0.25D – 0.50D, s'utilitza normalment com a refinament de la tècnica objectiva. El procés de mesura de refracció subjectiva perifèrica és el mateix que per la refracció subjectiva central, però en aquest cas, la lent que maximitzi l'agudesa visual en l'angle perifèric apropiat serà la refracció perifèrica en aquell punt de la retina (Fedtke C, et al. 2009). La primera refracció perifèrica va ser l'any 1971, on Ronchi L (1971) va estudiar la relació que hi havia entre la luminància de l'umbral absolut i l'excentricitat de la retina.

- Retinoscòpia: És una tècnica objectiva molt utilitzada i precisa per a l'error refractiu central. Consisteix en observar el reflex retinal i amb l'ajuda de lents oftàlmiques es neutralitza l'error refractiu del punt analitzat de la retina. La primera retinoscòpia va ser realitzada per Rempt F, et al. (1971). Estudis recents han suggerit que a mesura que l'angle d'excentricitat augmenta, la lectura amb el retinoscopi és més difícil, ja que, a mesura que augmenta l'angle de mesura la pupil·la actua com si tingués forma el·líptica i, també, augmenten les aberracions en la perifèria, per tant, les lectures de l'error refractiu perifèric (ERP) poden ser poc fiables. (Fedtke C, et al. 2009)

- Optòmetre de refracció manual: És una tècnica objectiva que avui en dia s'ha deixat d'utilitzar. Consisteix en el principi d'Scheiner, on s'utilitza un instrument que conté un disc amb dos forats verticals mil·limètrics al centre i s'ha d'alinear amb l'eix visual del subjecte. Seguidament s'emeten dos feixos de llum paral·lels a través de les dues obertures. Quan es forma un únic punt imatge enfocat a la retina vol dir que l'ull és emmetrop, en el cas de la formació de dos punts imatge a la retina voldrà dir que l'ull té algun tipus d'error refractiu, l'examinador pot veure aquesta formació de la imatge mitjançant una lent convexa o movent mecànicament l'objecte. Aquest principi està adaptat als autorefractòmetres d'avui en dia. L'efecte de la forma de la pupil·la el·líptica, les aberracions d'alt ordre i l'astigmatisme oblic alhora de realitzar les mesures excèntriques són un inconvenient per a l'ajust i fiabilitat de l'instrument. (Fedtke C, et al. 2009)

- Tècnica del doble pas: És una tècnica objectiva per mesurar la qualitat de la imatge retinal, va ser introduïda l'any 1955, actualment, aquesta tècnica no està comercialitzada. El principi bàsic és l'oftalmoscopi, que a través d'un filtre de densitat neutra travessa llum d'un díode de heli o neó per un objectiu d'un microscopi i una pupil·la artificial. Seguidament la llum es refracta a l'ull fins arribar a formar la imatge d'un punt en a la retina, quan la llum de la retina es reflexa, una càmera captura les

imatges retinals (imatges de doble pas) amb totes les aberracions que comporti i les calcula mitjançant les intensitat de la imatge de la retina (PSF). Per tal de fer les mesures excèntriques aquest instrument va ser modificat, en un principi, les pupil·les artificials en diàmetre i reconstruint els algorismes PSF (Fedtke C, et al. 2009). Seidemann A, et al. (2002), va trobar diferències de 0.6D esfèriques i 0.85D cilíndriques, entre la tècnica de doble pas i la fotorefracció.

- Autorefracció: És una tècnica objectiva automàtica ràpida i fàcil d'utilitzar. Molts dels autorefractòmetres d'avui en dia, a més, tenen integrat la funció per mesurar la curvatura de la còrnia. Aquest tipus d'instruments permeten la visió binocular del subjecte. Poden ser de camp tancat o de camp obert. El principal inconvenient dels autorefractòmetres de camp tancat és la pseudomiopia, és a dir, errors de lectura més negatives degut a l'acomodació i/o enfocament de l'ull. Els autorefractòmetres de camp obert, permeten una fixació i acomodació que s'apropa més a les condicions habituals de visió de la persona. Tots els autorefractòmetres utilitzen llum infraroja com a sistema d'il·luminació i incorporen un factor de correcció de la lectura que s'acosta a la refracció subjectiva. La refracció es presenta de forma convencional diòptries esfèriques, cilíndriques i direcció de l'astigmatisme (eix). A l'hora de fer les mesures excèntriques, la pupil·la actua com si tingués forma el·líptica, la qual cosa, els instruments no ho representen en les dades mesurades. (Fedtke C, et al. 2009).

- Fotorefracció: Tècnica objectiva, ràpida i amb elevada repetitivitat. Consisteix en il·luminar amb un punt de llum infraroig l'ull a 1m de distància i analitzar la imatge reflectida en la superfície pupil·lar. L'error de refracció es pot determinar mitjançant la distribució de la llum d'aquesta imatge reflectida. Aquesta tècnica té certs avantatges en front els autorefractòmetres convencionals, ja que, poden mesurar els dos ulls, donar informació sobre l'alineació de l'eix òptic i visual, mitjançant l'alineació de la primera imatge de Purkinje, i mesurar la distància interpupil·lar a la vegada. Lundström L, et al. (2005), va arribar a la conclusió que aquesta tècnica subestimava la refracció de les miops elevats i dificultava les mesures per excentricitats elevades, ja que, influencia el diàmetre i la forma pupil·lar. Finalment, es va concloure que la tècnica de fotorefracció és molt útil i fàcil d'utilitzar per determinar errors de refracció centrals però alhora de realitzar mesures excèntriques elevades hi havien limitacions en la potència de l'error refractiu i en el calibratge de l'instrument degut a la forma i diàmetre pupil·lar. (Fedtke C, et al. 2009)

- Aberròmetre: Aquesta tècnica objectiva, basada en la tècnica de Hartmann-Shack, s'utilitza per mesurar les irregularitats del front d'ona o errors de l'ull. El principi bàsic d'aquest instruments és el disc d'Scheiner, però en aquest cas el nombre dels petits forats mil·limètrics és molt major. Els valors d'error de front d'ona es dona en coeficients de Zernike. Les aberracions depenen del diàmetre de la pupil·la i la refracció es dona en la fórmula esferocilíndrica convencional. Aquests instrument a excepció dels esmentats anteriorment, tenen en compte l'efecte de la forma el·líptica pupil·lar. (Atchinson DA i Scott DH 2002)

S'ha demostrat que la tècnica de Hartmann-Shack i l'autorefractòmetre de camp obert Shin Nippon NVision-K5001, són les tècniques més útils, fiables i disponibles comercialment avui en dia. L'avantatge de l'autorefractòmetre, és que permet fer mesures en diàmetres pupil·lars petits i sense trencar la visió binocular. (Fedtke C, et al. 2009)

1.2.2.- Muntatges per realitzar mesures de l'error refractiu perifèric (ERP)

1. L'instrument de mesura es gira respecte el subjecte. 2. Desalineació de l'instrument amb l'eix visual del pacient, consisteix en mantenir el cap alineat amb l'instrument de tal manera que el pacient ha de girar els ulls. 3. El subjecte gira el cap respecte l'instrument de mesura, (Radhakrishnan H i Charman WN 2008) i (Mathur A, et al. 2009) van plantejar si la pressió de les estructures extraoculars, com ara, les parpelles i els músculs extraoculars (rectes i obliques) podien intervenir en la lectura de l'error refractiu quan la direcció dels ulls del pacient (direcció eix visual) no coincidia amb la direcció del cap. Els resultats de l'estudi va mostrar que no hi ha diferències significatives la mesura de l'error refractiu central ni perifèric, entre girar els ulls o el cap. (Radhakrishnan H i Charman WN 2007)

Capítol 2.- Plantejament de l'estudi

2.1.- Plantejament de l'estudi

L'estudi de l'error refractiu perifèric és de creixent interès, ja que, s'ha demostrat que està relacionat amb el desenvolupament de l'error refractiu axial i el la superfície del pol posterior de l'ull, aquest concepte ha estat recolzat per estudis realitzats amb animals. Degut a la relació que existeix entre l'error refractiu central i perifèric, diferents estudis han determinat la forma del pol posterior de l'ull pels diferents errors refractius centrals. Així doncs, els ulls miops presenten una forma del pol posterior de l'ull no esfèrica, sinó deformada en l'eix antero-posterior i similar a una el·lipse prolata, presentant hipermetropia relativa perifèrica en el meridià horitzontal. Els ulls hipermetrops, en canvi, presenten una forma del pol posterior de l'ull similar a una el·lipse oblata presentant miopia relativa perifèrica en el meridià horitzontal, mentre que, els subjectes emmetrops presenten forma esfèrica al pol posterior amb un valor de refracció perifèric constant al llarg del meridià horitzontal (Stone RA i Flietcroft DI 2004), (Logan NS, et al. 2004), (Seidemann A, et al. 2002). En ambdós casos, en els subjectes amb miopia i en els subjectes amb hipermetropia, es crea una imatge nítida a la fòvea i una imatge desenfocada de signe contrari a la retina perifèrica, és a dir, enfocada per darrera de la retina en el cas dels ulls miops i per davant de la retina en el cas dels ulls hipermetrops.

L'interès que ha motivat per realitzar aquest estudi és contribuir a la comprensió més detallada de la relació que hi ha entre l'error refractiu central i l'error refractiu perifèric en les diferents zones de la retina.

Considerant els fonaments exposats anteriorment es planteja l'actual estudi a partir dels següents objectius genèric i específics:

2.2.- Objectiu general de l'estudi

L'objectiu general és mesurar l'error refractiu perifèric i analitzar les asimetries refractives en les diferents zones de la retina, en una mostra de subjectes joves, mitjançant un autorefractòmetre de camp obert (Shin Nippon NVision-K5001).

2.3.- Objectius específics

- Determinar si existeixen diferències estadísticament significatives entre els valors refractius obtinguts en la mesura axial i les mesures excèntriques en la mostres de població estudiada.
- Descriure i caracteritzar l'error refractiu perifèric relatiu (ERPR) en els diferents meridians i excentricitats de l'ull.
- Determinar si els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) indiquen alguna tendència, en funció de l'excentricitat i el meridià.

Capítol 3.- Mètode experimental

3.1.- Descripció dels instruments

3.1.1.- L'autorefractòmetre

L'autorefractòmetre és un instrument que mesura l'estat refractiu de l'ull de manera objectiva, ràpida i fiable.

El disseny bàsic de l'autorefractòmetre consisteix en: font de llum infraroja al voltant dels 800 i 900nm, punt de fixació i optòmetre de Badal, el qual permet la relació lineal entre la distància de la lent de Badal amb l'ull del subjecte i la refracció ocular dins del meridià mesurat.

Existeixen tres tipus d'autorefractòmetres: l'autorefractòmetre d'anàlisi de la qualitat de la imatge, l'autorefractòmetre d'Scheiner amb doble forat estenopec i l'autorefractòmetre basat en la retinoscòpia. La majoria d'autorefractòmetres moderns utilitzen el principi d'Scheiner.

El principi d'Scheiner, consisteix en identificar el nivell d'ametropia del subjecte situant-lo al davant de la pupila del pacient mitjançant el doble forat estenopec. La implementació d'aquesta tècnica en els autorefractòmetres consisteix en dos LEDs o díodes reflectits al pla pupil·lar del subjecte, els quals es doblen en el cas d'haver-hi un error refractiu present. Si els LEDs es doblen de manera creuada, representa un ull miop, en el cas de no creuar-se, representa un ull hipermetrop (Figura3). Un cop reflectits els LEDs al pla pupil·lar, es refracten a l'interior de l'ull i, seguidament, la imatge retiniana dels díodes retornen a l'exterior, on es tornen a reflectir per un mirall semiplatjat fins arribar a un fotodetector dual.

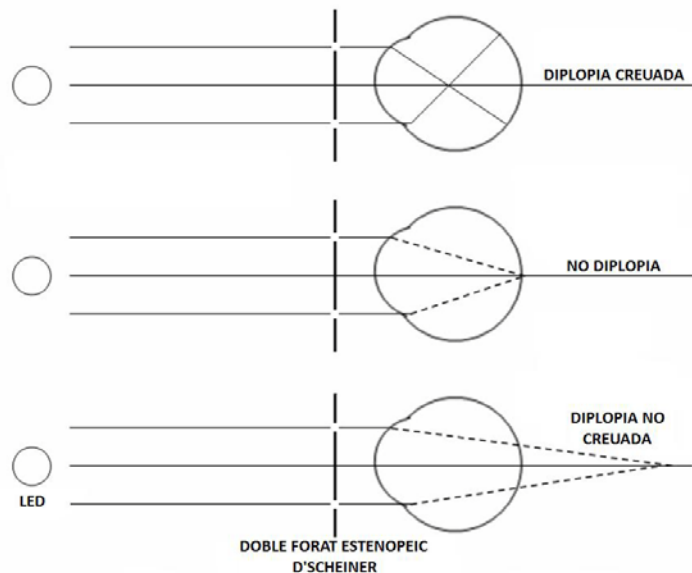


Figura 3; Principi òptic del doble forat d'Scheiner

La diferenciació entre les imatges creuades o no creuades, es realitza mitjançant una seqüència d'encès i apagat alternat dels LEDs a una elevada freqüència. La imatge dual del fotoreceptor està dissenyada per reflectir només un dels dos díodes. El sistema de LEDs es mourà cap endavant o endarrere depenent del tipus de diplopia de les imatges. En el cas de ser una sola imatge queda centrada en els dos fotoreceptors. La posició dels díodes determinen l'error refractiu en aquell meridià.

Quan es tracta d'astigmatisme, s'utilitzen quatre LEDs i es mesura el poder diòptric del meridià perpendicular al examinat.

Els autorefractòmetres acostumen a tenir un error de lectura en la refracció degut a, l'acomodació del subjecte (Fedtke C, et al. 2009), és per això, que la majoria d'autorefractòmetres d'avui en dia utilitzen un objecte de fixació borrós o una tècnica de boira just abans de realitzar la mesura. No obstant, encara es donen petites microfluctuacions en l'acomodació de $\pm 0.50D$.

L'autorefractòmetre de camp obert ShinNippon NVision-K5001 (Figura 4) utilitzat en aquest estudi, és l'instrument més precís, fiable i amb elevats nivells de repetitivitat de les diferents tècniques de mesura de l'error refractiu perifèric (Fedtke C, et al. 2009), a més, s'ha demostrat que el mecanisme de càlcul que utilitza per representar l'error refractiu és comparable amb els resultats obtinguts amb altres tècniques convencionals (Wing CT, et al. 2014). Aquest autorefractòmetre consta de tres mètodes de

mesura: refracció-queratometria, queratometria i refracció. Per alinear l'eix visual del subjecte amb l'eix òptic del instrument consta d'un cercle imatge de color vermell. Per realitzar l'enfocament, alhora de mesurar la refracció, s'aconsegueix quan les mires es tornen primes. Aquest tipus d'autorefractòmetre pren les mesures en dos etapes com la resta d'autorefractòmetres, quan es refracta la llum dins de l'ull i quan es reflexa, a més, permet realitzar mesures en pupil·les de diàmetre ≥ 2.3 mm (Atchinson DA 2003), la qual cosa, és una característica rellevant en aquest treball alhora de realitzar les mesures excèntriques. També, pot realitzar 106 lectures de la refracció en 1', en rangs de $\pm 22.00D$ esfèriques i $\pm 10.00D$ cilíndriques en passos de 0.12D o 0.25D i 1º en el cas de la direcció d'astigmatisme (eix). També es pot modificar la distància de vèrtex en 0, 10, 12, 13.5 i 15 mm. (Davies LN, et al. 2003)

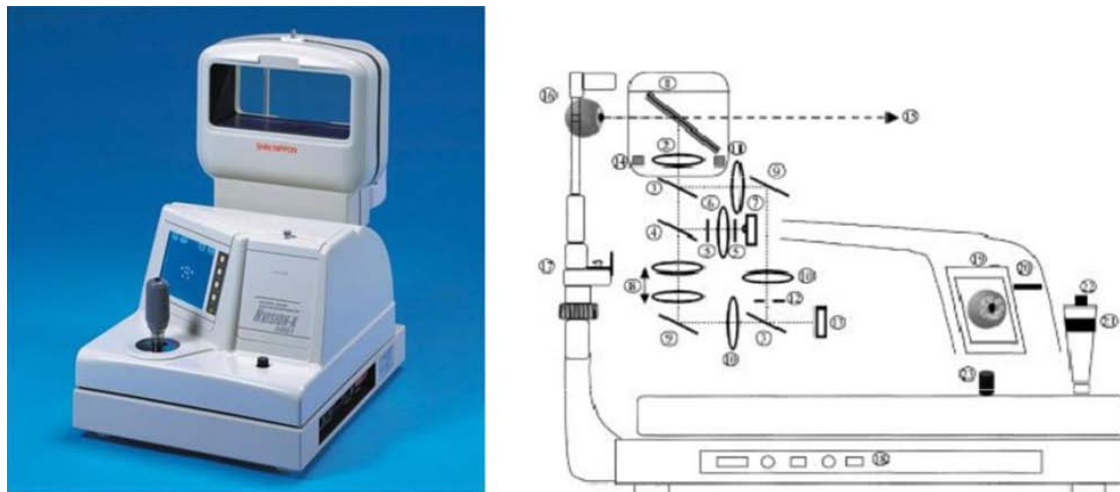


Figura 4; Shin Nippon NVision-K5001

3.1.2.- Dispositiu per la mesura de la fixació excèntrica (DFME)

El DFME és un dispositiu que va ser dissenyat l'any 2013 exclusivament per als estudis realitzats a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa relacionats amb l'error refractiu perifèric. Aquest dispositiu permet mantenir la fixació excèntrica de l'ull de tal manera que es poden realitzar mesures de la refracció axial i excèntrica.

El disseny bàsic de l'instrument és: guia graduada, LED i goniòmetre. (Figura 7)

La guia graduada, està calibrada de tal manera que permet fer mesures fins a 40º d'excentricitat per a una distància de 3 m. La guia està situada en un trípod regulable en altura i orientació, d'aquesta manera es poden realitzar mesures tant en els meridians principals de l'ull (horitzontal i vertical) com en els oblics. El material de la guia és una barra d'alumini pintada de negre amb una cinta mètrica graduada en mil·límetres i graus d'excentricitat.

El LED té la capacitat de canviar de color en vermell, blau i groc, degut a un sistema de canvi seqüencial de l'estímul dissenyat amb dos circuits que determinen la seqüència d'encès i apagat del LED i un temporitzador que dóna la velocitat de canvi de color. Aquest circuit elèctric disposa d'una font d'alimentació de 9V i està muntat dins d'una caixa de tancament per protegir-lo, on el LED està situat en el centre. Aquesta caixa pot desplaçar-se per la guia graduada i, alhora, permet el recolzament del goniòmetre. (Figura 5)

El goniòmetre, permet controlar la inclinació de la guia i es situa sota la caixa de tancament del circuit elèctric del LED. (Figura 6)

Aquest instrument ha permès realitzar de forma controlada, rigorosa i precisa totes les mesures axials i excèntriques desitjades en l'estudi.

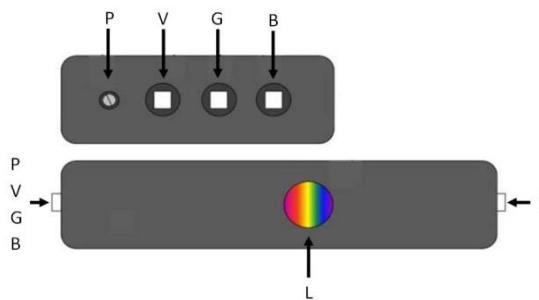


Figura 5; Caixa dels circuits elèctrics. P: potenciòmetre del temps seqüencial, V/G/B: colors verd, groc, blau (respectivament), I: interruptor, L: LED



Figura 6; Caixa de tancament dels circuits elèctrics on es pot observar el LED, la guia graduada i, a la part inferior de la imatge, el goniòmetre

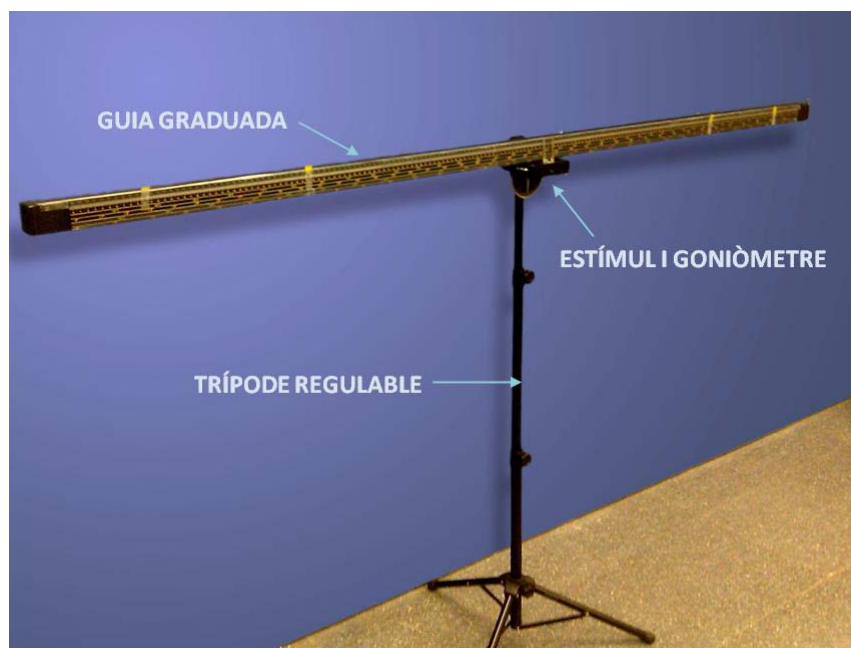


Figura 7; Vista general del DMFE

3.2.- Selecció de la mostra

3.2.1.- Criteris d'inclusió

Els criteris establerts per poder participar en l'estudi van ser els següents:

- Joves majors de 18 i inferior a 30 anys.
- No presentar patologies oculars.
- Agudes visual en cada ull, amb la millor correcció, igual o superior a 0.8.
- Astigmatisme de l'ull dret igual o inferior a 4.00 diòptries.
- Anisometropia inferior a 1.75 diòptries.
- Funció binocular normal, sense estrabismes ni ambliopies en cap dels dos ulls.
- Diàmetre pupil·lar igual o superior a 4 mm en condicions de baixa il·luminació.

3.2.2.- Procés de selecció de la mostra

La mostra dels pacients està formada per alumnes de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), que han respost voluntàriament a la crida realitzada per participar en el projecte. Posteriorment, via correu se'ls hi va informar dels objectius, durada i del calendari assignat per realitzar les mesures. Tots els pacients són, per tant, majors d'edat i han signat el consentiment informat de l'estudi. (Annex I)

Es van presentar 49 voluntaris i se'n van excloure 7 per no complir els criteris d'inclusió (Taula 2). La resta de subjectes van entrar en l'estudi i se'ls hi va realitzar una entrevista per descartar possibles patologies i un examen visual on es realitzava, l'agudes visual, el cover test i la comitència en visió llunyana. Les altres mesures que podien ser causa d'exclusió (astigmatisme de l'ull dret, anisometropia i diàmetre pupil·lar en condicions de baixa il·luminació) s'obtenien durant el protocol de l'estudi.

Participants	
Voluntaris inicials	49
Exclusos per diàmetre pupil·lar inferior a 4 mm	- 6
Exclusos per patologia ocular (Glioma del nervi òptic)	- 1
TOTAL SUBJECTES	42

Taula 2. Resultats selecció de la mostra

La mostra resultant (N=42) es considera homogènia en quant a les activitats visuals que realitzen, ja que, tots són joves i estudiants universitaris d'un entorn urbà. Es pot observar a la Taula 3, que el nombre de dones participants és major (76.2%) que el nombre d'homes participants (23.8%). A més, hi ha una prevalença de participants amb edat entre 19 i 22 anys, obtenint una edat mitjana dels subjectes participants en l'estudi de 21.43 ± 1.82 anys.

Subjectes	N	Percentatge (%)	Edat \pm Sd
Dones	32	76.2%	21.43 ± 1.82
Homes	10	23.8%	
Total	42	100%	

Taula 3; Subjectes participants

3.3.- Condicions experimentals

Per realitzar les mesures es va utilitzar l'autorefractòmetre Shin-Nippon NVISION-K 5001 i l'estímul DMFE com a punt de fixació, sempre en la mateixa sala mantenint constants les distàncies i condicions ambientals d'il·luminació.

Les mesures es van realitzar sempre amb el mateix examinador. El pacient tenia els dos ulls oberts sense cap correcció òptica. La il·luminació de la sala era baixa per tal de que el diàmetre pupil·lar fossi suficientment gran i, així, poder realitzar un major rang de mesures excèntriques. Per tal de simular al pacient unes condicions de visió les més habituals possibles, les proves es van realitzar sense administrar midriàtics ni cicloplègics. Per obtenir la mesura en la direcció axial dels dos ulls, es disposava d'un LED groc com a punt de fixació a una distància de 3 metres. Es demanava al subjecte que fixés el LED groc, i es centrava amb l'eix òptic de l'autorefractòmetre. Per realitzar les mesures en la resta de meridians i excentricitats, es demanava al pacient que sense moure la posició del cap en la mentonera i movent només els ulls, fixés l'estímul. D'aquesta manera, l'ull esquerre fixava a l'excentricitat desitjada en l'estudi (α), realitzant la mesura només en l'ull dret. (Figura 8)

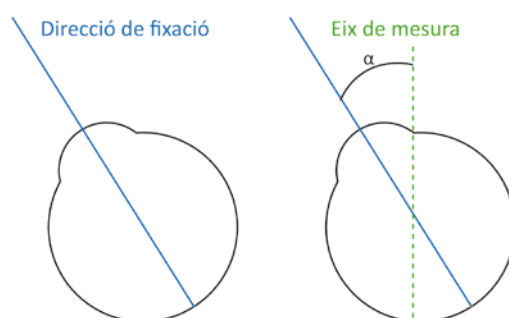


Figura 8; Eix de mesura i direcció de fixació

L'ordre per realitzar les mesures va ser, primer l'eix horitzontal en les excentricitats 10º, 15º, 20º nasals i després en les mateixes excentricitats de la retina temporal. Seguidament es rotava la guia graduada del DMFE cap a la posició vertical, primer en les excentricitats de la retina superior i seguidament en les excentricitats de la retina inferior. Un cop es tenien les mesures de refracció en els meridians principals de l'ull (horitzontal i vertical), es procedia a realitzar-les en els meridians oblics en l'ordre: retina inferior-nasal, superior-nasal, inferior-temporal i superior-temporal. L'autorefractòmetre Shin Nippon NVision K-5001, està dissenyat per poder fer mesures fora de l'eix visual al voltant d'uns 30º d'excentricitat en el meridià horitzontal i 15º d'excentricitat pels meridians verticals i oblics (Ehsai A, et al. 2011). Les mesures d'aquest estudi, es van realitzar a 3 metres de distància en les excentricitats 10º i 15º dels meridians vertical i oblics, i pel meridià horitzontal, es van realitzar també a 20º d'excentricitat.

Les mesures realitzades amb l'autorefractòmetre es van repetir 3 vegades, en tots els meridians i excentricitats. Les mesures s'imprimien al moment i s'anotaven a la fitxa corresponent.

A cada participant se li va assignar dia i hora de visita entre els mesos de febrer i març de 2014, en franges de 15 minuts.

3.4.- Protocol de mesura

En primer lloc s'explicava al pacient en que consistien les proves i se li demanava que signés el consentiment informat. Es reduïa la il·luminació de la sala per aconseguir un diàmetre pupil·lar suficient i es donava temps per l'adaptació a les noves condicions ambientals lumíniques. A continuació es realitzava una petita entrevista per descartar possibles patologies i s'entraven les dades personals (nom i edat) a la fitxa. S'acomodava el pacient a la mentonera i es mostrava l'estímul visual (LED) per poder realitzar les mesures de refracció, que prèviament se li havia explicat. Aquests preparatius tenien una durada de quatre a cinc minuts, aproximadament.

A continuació es procedia a efectuar les mesures seguint el següent protocol.

- Posicionament i centratge del pacient a la mentonera.
- Instruccions de mantenir els dos ulls oberts i mirar el punt de fixació.
- Obtenció de la mesura a l'ull dret i esquerra en la direcció axial. Repetició de les mesures tres vegades.
- Analitzar possibles anisometropies o astigmatismes que poguessin ser motiu d'exclusió en l'estudi.
- Indicacions al pacient de no moure el cap i dirigir la mirada al punt de fixació corresponent.

- Obtenció de les mesures de l'ull dret en els diferents meridians i excentricitats de l'ull. Repetició de les mesures tres vegades.

En aquest estudi, per tal de seguir acuradament la protecció de dades, està basat en la Llei Orgànica 15/1999 del 13 de desembre (protecció de dades de caràcter personal –LOPD), que caracteritza la protecció de dades i la normativa que la desenvolupa. A més, està basat en la Llei 41/2002 del 14 de novembre (autonomia del pacient, consentiment informat) per tal d'efectuar correctament el deure de la confidencialitat.

Capítol 4.- Resultats

4.1.- Vectors de potència

Per fer l'estudi estadístic de les dades obtingudes de l'error refractiu cal fer una transformació, ja que, les dades de l'error refractiu són direccionals, on l'astigmatisme té un component de potència i un component de direcció (l'eix). Aquesta transformació permet fer l'anàlisi estadístic amb vectors de potència en comptes de fórmules esferocilíndriques.

Els vectors de potència són una representació geomètrica dels errors refractius esferocilíndrics en tres components diòptrics (M, J0, J45), on M és l'equivalent esfèric, J0 és el component de l'astigmatisme amb l'eix de direcció horitzontal o vertical (180° o 90°) i, J45 és el component d'astigmatisme amb l'eix de direcció oblic (0°-45° i 45°-90°). L'avantatge de representar els errors refractius com a vectors de potència és que cadascun dels tres components és matemàticament independent dels altres. (Thibos L, et al. 1997)

A continuació, es mostren les equacions que descomponen les dades esferocilíndriques obtingudes de la refracció dels subjectes en vectors de potència .

$$M = S + \frac{C}{2}$$

$$J0 = -\left(\frac{C}{2}\right) * \cos(2\theta)$$

$$J45 = -\left(\frac{C}{2}\right) * \sin(2\theta)$$

On S és el valor esfèric de la refracció, C és la potència cilíndrica de la refracció i J0 i J45 són els valors de l'astigmatisme.

4.2.- Anàlisi d'estadística

Primerament s'ha realitzat una anàlisi estadística descriptiva de l'edat i l'error refractiu central de la mostra formada pels 42 subjectes on s'ha calculat la mitjana, la desviació estàndard (Sd) i els valors màxims i mínims. Seguidament, s'ha fet una anàlisi dels vectors de potència de l'error refractiu perifèric (component M, J0 i J45). Per últim, s'ha analitzat les variacions refractives relatives (ERPR) en els diferents meridians de l'ull.

A continuació es resumeixen els resultats més importants obtinguts en el present estudi seguint la següent estructura:

4.2.1.- Estadística descriptiva de l'edat i error refractiu central (ERC) de la mostra dels subjectes

4.2.2.- Anàlisi dels components dels vectors de potència

4.2.2.1.- Descripció dels valors del component M

4.2.2.2.- Anàlisi de la variació del component J0 en funció de l'excentricitat i els meridians oculars

4.2.2.3.- Anàlisi de la variació del component J45 en funció de l'excentricitat i els meridians oculars

4.2.3.- Anàlisi de les variacions refractives en els diferents meridians de l'ull

4.3.- Resum de resultats

Per processar els resultats obtinguts i poder establir els valors estadístics corresponents, s'ha utilitzat el programa estadístic SPSS per Windows (versió 19.0).

4.2.1.- Estadística descriptiva de l'edat i error refractiu central de la mostra dels subjectes

Els 42 participants avaluats en l'estudi es distribueixen en 10 nois (23.8%) i 32 noies (76.2%), d'edats compreses entre 19 i 27 anys, amb una edat mitjana de 21.43 ± 1.82 anys.

L'equivalent esfèric (M) de la refracció axial per ambdós ulls no mostra diferències significatives, això permet que es puguin analitzar les dades només de l'ull dret. (Taula 4)

Ull	Mitjana \pm Sd	Rang
UD	$-1,87 \pm 2.47$	(-8.92 a +0.88)
UE	$-1,88 \pm 2.58$	(-9.63 a +2.17)

Taula 4; Equivalent esfèric axial de l'ull dret i esquerre

4.2.2.- Anàlisi dels components dels vectors de potència

Per obtenir els components del vector de potència (M, J0, J45), s'utilitza la mitjana de les tres mesures preses a cada subjecte per a cada una de les condicions axials i excèntriques (10°, 15°, 20°, en el cas del meridià horitzontal i, en el cas del meridià vertical i oblics, a 10° i 15°).

4.2.2.1.- Descripció dels valors del component M

A la Taula 5 i Taula 6 es mostren els valors de la mitjana del component vectorial M (equivalent esfèric) amb la seva corresponent desviació estàndard, per cada meridià ocular i excentricitat.

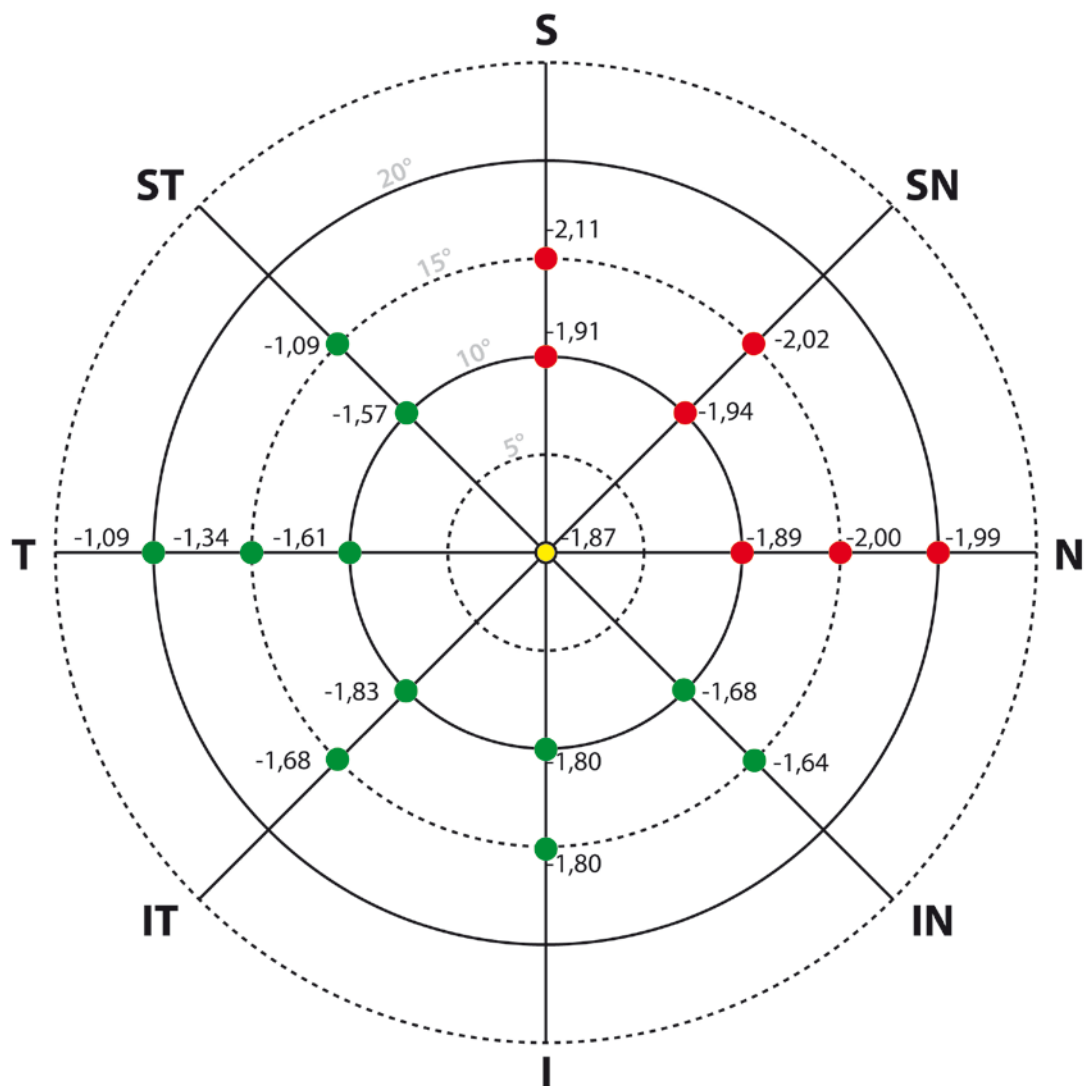
Meridià ocular	RETINA TEMPORAL			CENTRAL	RETINA NASAL		
	$M_{20} \pm Sd$	$M_{15} \pm Sd$	$M_{10} \pm Sd$		$M_{10} \pm Sd$	$M_{15} \pm Sd$	$M_{20} \pm Sd$
T-N (0°-180°)	-1.09 ± 2.44	-1.34 ± 2.54	-1.61 ± 2.44		-1.89 ± 2.26	-2.00 ± 2.16	-1.99 ± 2.06
IT-SN (45°-225°)	-	-1.68 ± 2.35	-1.83 ± 2.33	-1.87 ± 2.47	-1.94 ± 2.32	-2.02 ± 2.29	-
ST-IN (135°-315°)	-	-1.09 ± 1.90	-1.57 ± 2.52		-1.68 ± 2.61	-1.64 ± 2.60	-

Taula 5; Component vectorial M en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)

Meridià ocular	RETINA SUPERIOR		CENTRAL	RETINA INFERIOR	
	$M_{15} \pm Sd$	$M_{10} \pm Sd$		$M_{10} \pm Sd$	$M_{15} \pm Sd$
S-I (90°-270°)	-2.11 ± 2.47	-1.91 ± 2.44	-1.87 ± 2.47	-1.80 ± 2.57	-1.80 ± 2.56

Taula 6; Component vectorial M en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior)

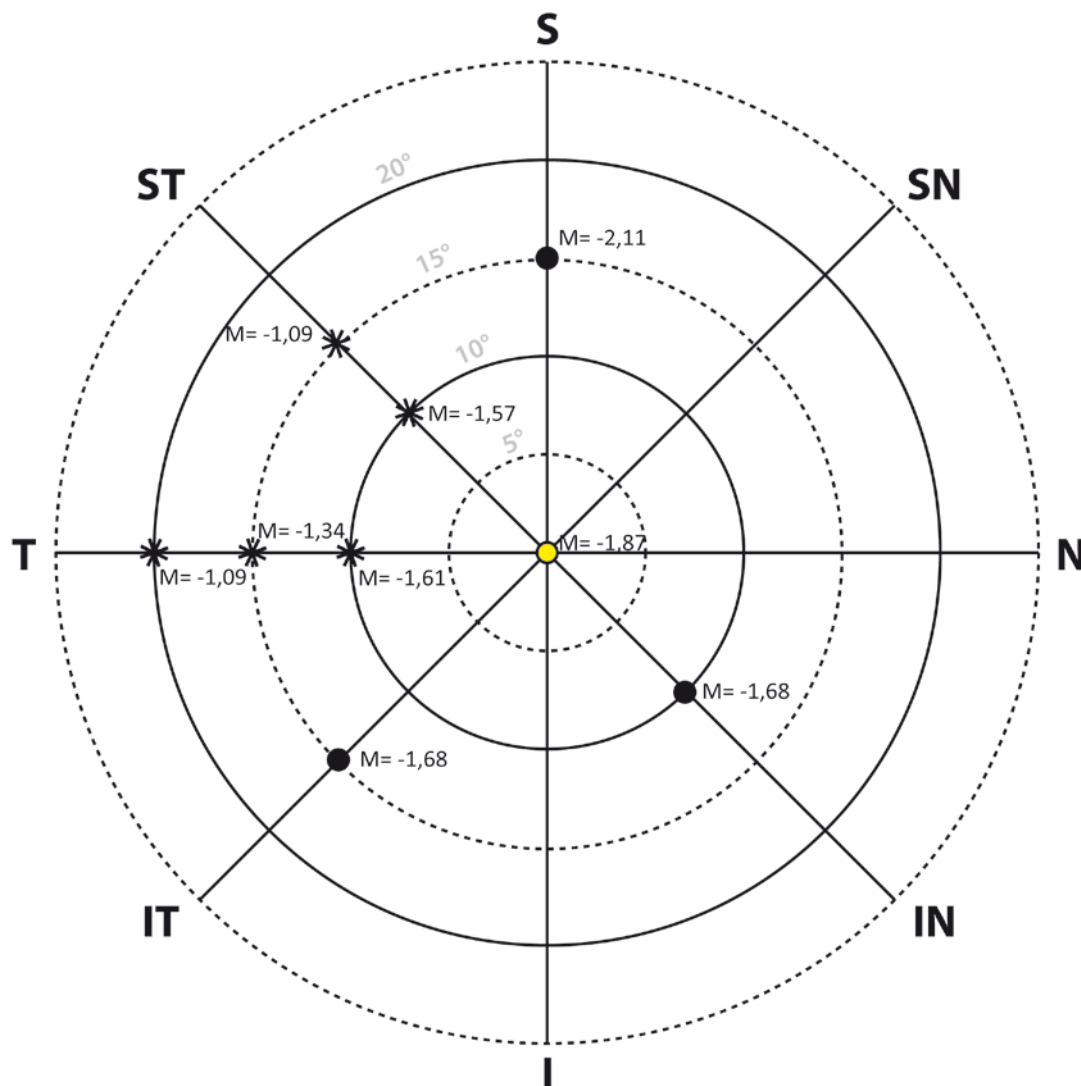
La Gràfica 1 representa els resultats anteriors (Taula 5 i Taula 6) com si es tractés de la retina de l'ull dret. Aquesta manera de representar els valors, permet observar la distribució de la mitjana de l'equivalent esfèric en tots els punts analitzats a l'estudi. El color de cada punt indica si el valor és més negatiu (vermell) o més positiu (verd) respecte la mesura axial o central.



Gràfica 1; Valors del component vectorial M per tots els meridians i excentricitats

Es pot observar com, a mesura que augmenta l'excentricitat en el quadrant superior-nasal hi ha una tendència cap a valors més negatius respecte la refracció axial.

A la Gràfica 2 es mostren les diferències significatives respecte el valor central. El símbol de l'asterisc, representa les diferències més significatives ($p < 0.001$), mentre que, el símbol del punt representa la resta de diferències significatives ($p < 0.05$).

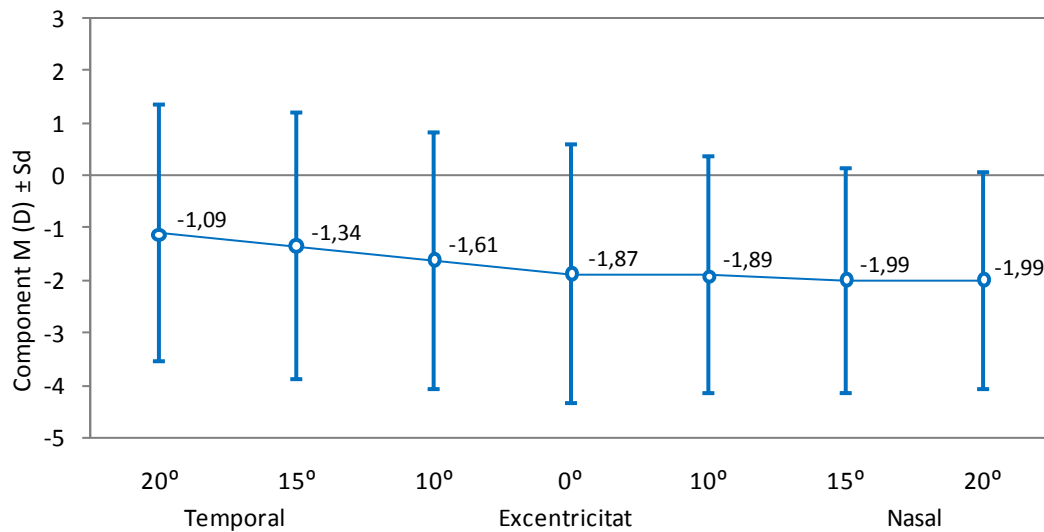


Gràfica 2; Diferències estadísticament significatives del component M respecte el centre per als diferents meridians i excentricitats. (L'asterisc representa $p < 0.001$, el punt representa $p < 0.05$)

En la gràfica anterior, es pot observar com les diferències més significatives respecte el valor central, es troben a la zona de la retina temporal i superior-temporal (meridià horitzontal i oblic 135°-315°, respectivament).

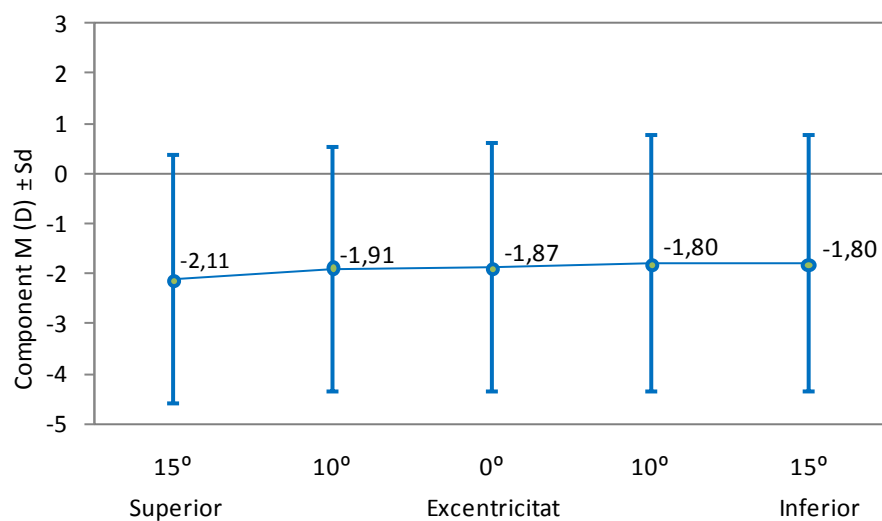
A l'Annex II, es poden consultar tots els valors numèrics exactes de totes les diferències estadísticament significatives del component M.

A continuació, es fa una comparativa al llarg de cada meridià. La Gràfica 3, Gràfica 4, Gràfica 5 i Gràfica 6 representen, de forma individual, el component M per cada un dels meridians oculars.



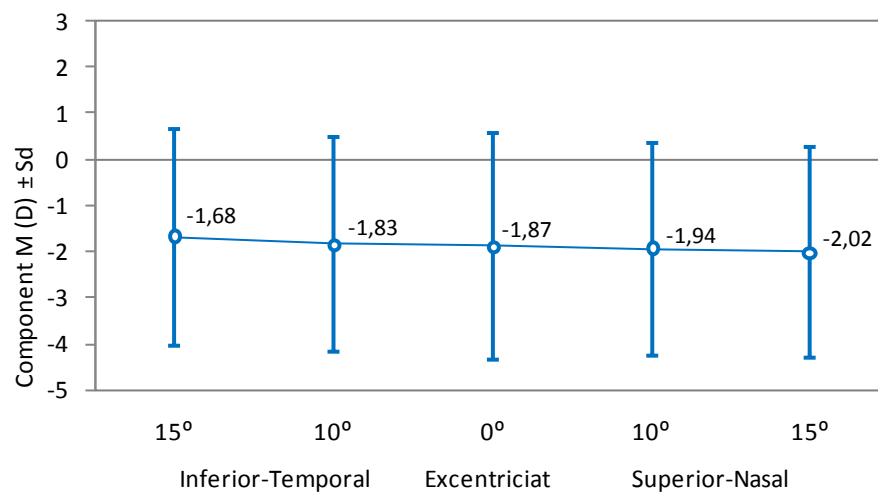
Gràfica 3; Component M pel meridià horitzontal

L'anàlisi del component M (equivalent esfèric) en el meridià horitzontal indica que en la zona de la retina temporal hi ha una tendència cap a valors més positius respecte el valor central a mesura que augmenta l'excentricitat, mostrant diferències estadísticament significatives entre el valor central i cada una de les excentricitats ($p < 0.05$). La zona de la retina nasal mostra valors més negatius, respecte el valor central, a mesura que augmenta l'excentricitat però no són significativament diferents. (Gràfica 3)



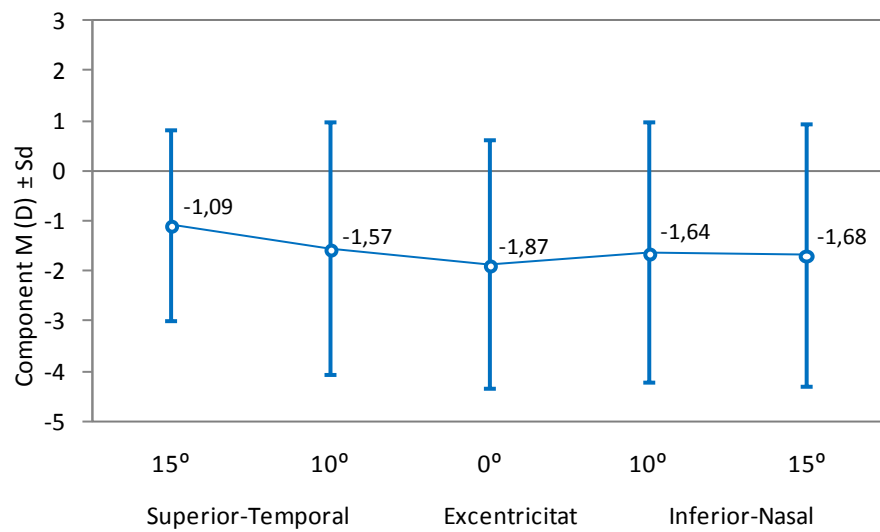
Gràfica 4; Component M pel meridià vertical

L'anàlisi del component M en el meridià vertical indica que en la zona de la retina superior hi ha una tendència cap a valors més negatius respecte el valor central, mostrant diferències significatives ($p<0.05$) en el valor de l'excentricitat 15° de la retina superior. La zona de la retina inferior, presenta valors lleugerament més positius i constants a mida que augmenta l'excentricitat però no mostra diferències significatives. (Gràfica 4)



Gràfica 5; Component M pel meridià oblic 45°-225°

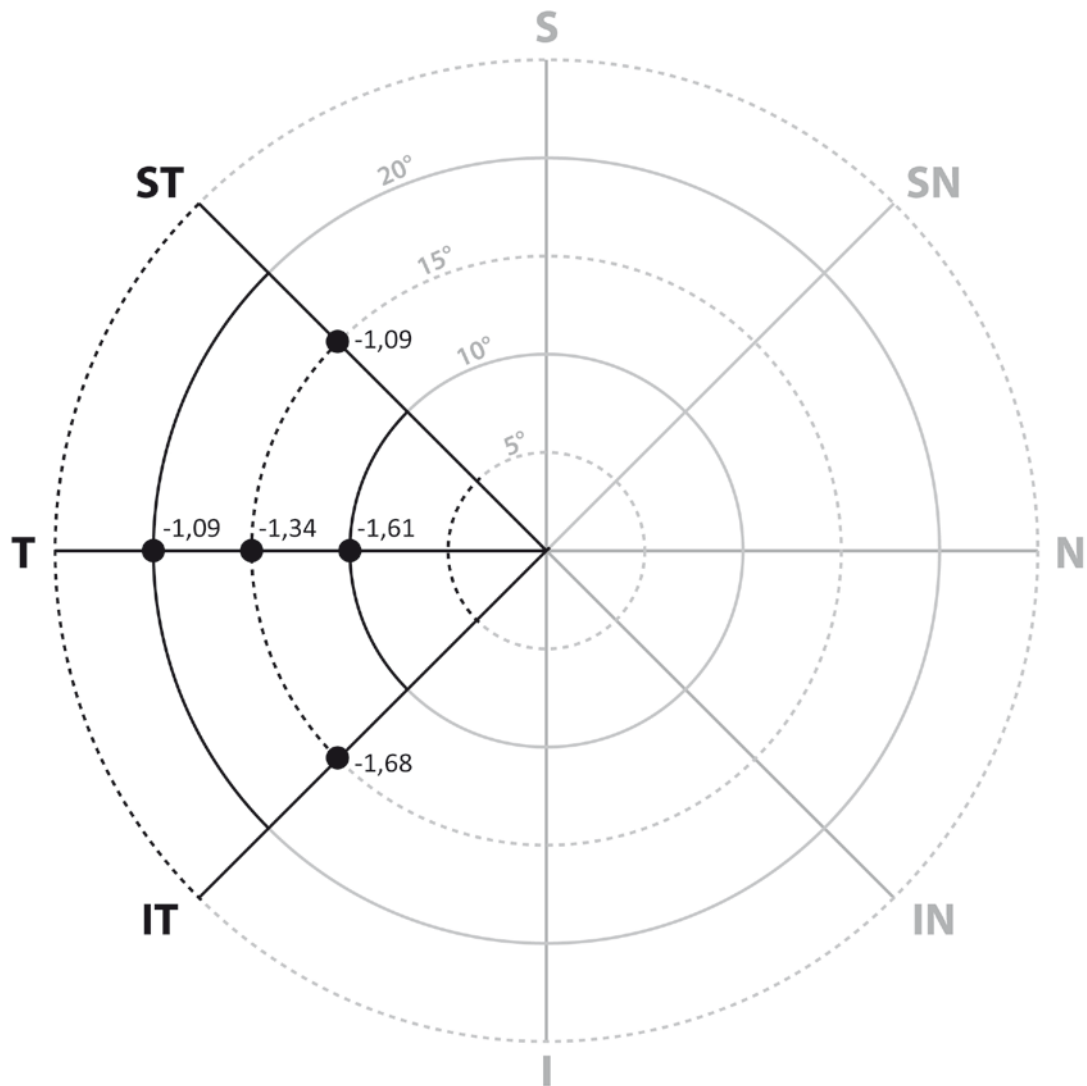
L'anàlisi del component M en el meridià oblic (45°-225°) mostra una tendència cap a valors més positius, respecte el valor central, a la zona de la retina inferior-temporal, mentre que, a la zona de la retina superior-nasal la tendència és cap a valors més negatius a mesura que augmenta l'excentricitat. El resultat a 15° d'excentricitat, en la zona de la retina inferior-temporal, és significativament diferent ($p<0.05$) de tots els punts analitzats en aquest meridià. En els 15° de la retina inferior-temporal, es mostren diferències significativament diferent ($p<0.05$) respecte tots els punts analitzats en aquest meridià. (Gràfica 5)



Gràfica 6; Component M pel meridià oblic 135°-315°

L'anàlisi del component M en el meridià oblic (135°-315°) mostra una tendència cap a valors més positius respecte el valor central en les excentricitats d'ambdues zones de la retina amb l'augment de l'excentricitat. Els valors de les excentricitats de la zona superior-temporal difereixen significativament del valor central i de la resta d'excentricitats analitzades del meridià (en general $p < 0,001$). A més, el valor de l'excentricitat 10° de la zona inferior-nasal de la retina, difereix significativament del valor central ($p < 0,05$). (Gràfica 6)

A la Gràfica 7, es mostren les diferències significatives en un mateix meridià. S'observa que, el sector de la zona temporal de la retina, que va des de 135° fins 225° (meridià superior-temporal i inferior-temporal) aglutina el major nombre de resultats significativament més positius respecte cada meridià.



Gràfica 7; Comparació del component M del mateix meridià per cada excentricitat

A la gràfica anterior s'observa com, en general, el major nombre de diferències significatives en un mateix meridià es troba a l'excentricitat 15° de la retina temporal.

4.2.2.2.- Anàlisi de la variació del component J0 en funció de l'excentricitat i els meridians oculars

A la Taula 7 i Taula 8 es mostren els resultats obtinguts pel component vectorial J0 (component astigmàtica a 180° i 90°) \pm desviació estàndard, per a totes les excentricitats i meridians estudiats.

Meridià ocular	RETINA TEMPORAL			CENTRAL	RETINA NASAL		
	J0 ₂₀ \pm Sd	J0 ₁₅ \pm Sd	J0 ₁₀ \pm Sd		J0 ₁₀ \pm Sd	J0 ₁₅ \pm Sd	J0 ₂₀ \pm Sd
T-N (0°-180°)	0.25 \pm 0.55	0.16 \pm 0.50	0.19 \pm 0.43		0.09 \pm 0.34	-0.33 \pm 0.47	-0.49 \pm 0.52
IT-SN (45°-225°)	-	-0.09 \pm 0.63	0.05 \pm 0.56	0.09 \pm 0.41	0.05 \pm 0.44	0.03 \pm 0.42	-
ST-IN (135°-315°)	-	0.30 \pm 0.44	0.19 \pm 0.43		0.27 \pm 0.44	0.35 \pm 0.54	-

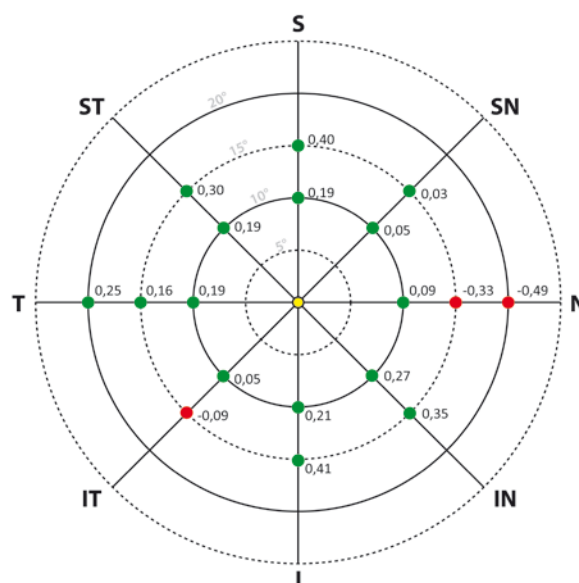
Taula 7; Valors del component vectorial J0 en els meridians horitzontal i oblics (T:zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)

Meridià ocular	RETINA SUPERIOR		CENTRAL	RETINA INFERIOR	
	J0 ₁₅ \pm Sd	J0 ₁₀ \pm Sd		J0 ₁₀ \pm Sd	J0 ₁₅ \pm Sd
S-I (90°-270°)	0.40 \pm 0.43	0.19 \pm 0.39	0.09 \pm 0.41	0.21 \pm 0.57	0.41 \pm 0.61

Taula 8; Valors del component vectorial J0 en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior)

Un valor positiu en aquest component (J0) representa astigmatisme directe, mentre que, el valor negatiu representa astigmatisme invers. Així doncs, es pot apreciar com la majoria dels punts analitzats presenten astigmatisme directe a excepció de la retina nasal (meridià horitzontal) per a les excentricitats 15° i 20° i a la retina inferior-temporal.

A la Gràfica 8, es representen en color verd, tots aquells punts analitzats amb astigmatisme directe, i en color vermell, tots aquells punts analitzats de la retina amb tendència d'astigmatisme invers.



Gràfica 8; Valors del component J0

A continuació, s'analitzen les diferències estadísticament significatives per a les diferents excentricitats de cada meridià ocular pel component J0:

El component d'astigmatisme J0 en el meridià horitzontal, augmenta de forma significativa amb l'excentricitat ($p < 0.05$). A la zona de la retina temporal, cal destacar l'astigmatisme directe considerable a 15º d'excentricitat (0.25D) i, a la zona de la retina nasal, cal destacar l'existència d'un astigmatisme invers molt significatiu a 15º (0.33D) i 20º (~0.50D) d'excentricitat.

El component J0 d'astigmatisme directe que trobem a 0º, augmenta de forma constant a mida que s'allunya del centre. Així doncs, els valors del component J0 a 10º d'excentricitat en la zona superior i inferior és el doble en l'excentricitat 15º ambdues zones de la retina.

El component d'astigmatisme J0 en el meridià oblic (45º-225º), conté els valors més petits de tots els meridians analitzats en l'estudi i, a més, mostra la particularitat de que en els 15º d'excentricitat de la zona inferior-temporal de la retina, mostra diferències significatives ($p < 0.05$) entre totes les excentricitats analitzades del meridià.

Els valors del component d'astigmatisme J0 en el meridià oblic (135º-315º), augmenten significativament a mida que l'excentricitat augmenta. Tots els valors de les excentricitats del meridià difereixen significativament del valor central. A més, el valor de les excentricitats de la zona de la retina superior-temporal són significativament diferents entre si i, també, pel valor de l'excentricitat 15º de la zona de la retina inferior-nasal mostra diferències significatives amb tots els valors de les excentricitats analitzades en aquest meridià ($p < 0.05$).

Com a resum de l'anàlisi del component J0, evidencia una tendència d'astigmatisme invers en les excentricitats de la retina nasal.

A l'Annex III, es poden consultar tots els valors numèrics exactes de les diferències estadísticament significatives del component J0 per a les diferents excentricitats de cada meridià.

4.2.2.3.- Anàlisi de la variació del component J45 en funció de l'excentricitat i els meridians oculars

A la Taula 9 i Taula 10 es mostren els resultats obtinguts per el component vectorial J45 (component d'astigmatisme als eixos oblics) \pm desviació estàndard, per a totes les excentricitats i meridians estudiats.

Meridià ocular	RETINA TEMPORAL			CENTRAL	RETINA NASAL		
	J45 ₂₀ \pm Sd	J45 ₁₅ \pm Sd	J45 ₁₀ \pm Sd		J45 ₁₀ \pm Sd	J45 ₁₅ \pm Sd	J45 ₂₀ \pm Sd
T-N (0°-180°)	-0.11 \pm 0.36	-0.02 \pm 0.41	-0.07 \pm 0.36		0.05 \pm 0.20	0.12 \pm 0.35	0.16 \pm 0.40
IT-SN (45°-225°)	-	-0.20 \pm 0.38	-0.08 \pm 0.32	0.03 \pm 0.27	0.32 \pm 0.34	0.55 \pm 0.39	-
ST-IN (135°-315°)	-	0.03 \pm 0.35	0.08 \pm 0.29		-0.01 \pm 0.31	0.05 \pm 0.34	-

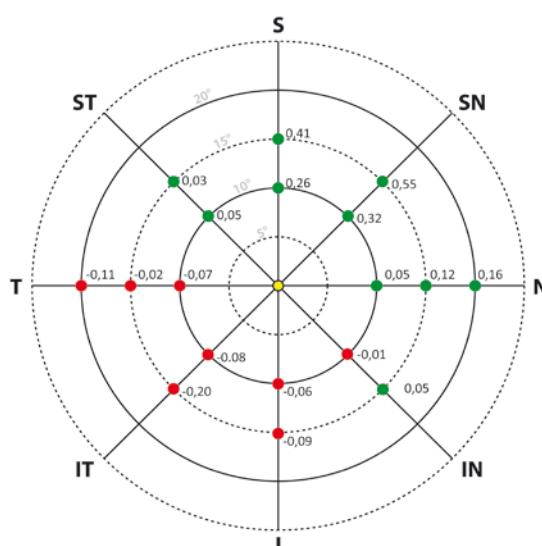
Taula 9; Valors del component vectorial J45 en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)

Meridià ocular	RETINA SUPERIOR		CENTRAL	RETINA INFERIOR	
	J45 ₁₅ \pm Sd	J45 ₁₀ \pm Sd		J45 ₁₀ \pm Sd	J45 ₁₅ \pm Sd
S-I (90°-270°)	0.41 \pm 0.37	0.26 \pm 0.29	0.03 \pm 0.27	-0.06 \pm 0.26	-0.09 \pm 0.34

Taula 10; Valors del component vectorial J45 en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior)

Un valor positiu del component J45, considerant cilindre negatiu, representa que l'eix de l'astigmatisme es troba entre els eixos 0° i 45° (astigmatisme oblic directe), mentre que, un valor negatiu representa que l'eix de l'astigmatisme es troba entre 45° i 90° (astigmatisme oblic invers). Així doncs, es pot apreciar que en un 60% dels punts analitzats presenten astigmatisme oblic directe i un 40% presenta l'astigmatisme oblic invers.

A la Gràfica 9 es representen en color verd totes aquelles localitzacions excèntriques on l'astigmatisme és oblic directe, mentre que en color vermell, es representen els astigmatisme oblics invers.



Gràfica 9; Valors del component J45

A continuació, s'analitzen les diferències estadísticament significatives per a les diferents excentricitats de cada meridià ocular:

Els valors del component J45 de les diferents excentricitats del meridià horitzontal, en general, difereixen significativament del centre i de totes les excentricitats del meridià ($p < 0.05$).

L'anàlisi del component J45 en el meridià vertical, suggereix que, si bé totes les excentricitats analitzades difereixen significativament del valor central ($p < 0.001$), cal destacar l'augment considerable de l'astigmatisme oblic amb eix de direcció entre 0° i 45° (astigmatisme oblic directe) en les excentricitats 10° i 15° de la zona de la retina superior. Un fet similar es troba al meridià oblic (45° - 225°), on l'augment de l'astigmatisme oblic de direcció d'eix entre 0° i 45° (astigmatisme oblic directe), és considerable en la zona de la retina superior-nasal. Encara que, aquests valors d'astigmatisme no són clínicament rellevants.

Com a resum de l'anàlisi del component J45, mostra una tendència cap astigmatisme oblic amb l'eix de direcció entre 45° i 90° (astigmatisme oblic invers), al quadrant inferior de la retina temporal.

A l'Annex IV, es poden consultar tots els valors exactes de les diferències significatives del component J45 per a les diferents excentricitats i meridians.

4.2.3.- Anàlisi de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) en els diferents meridians oculars

L'anàlisi de les variacions de la refracció perifèrica en els diferents meridians oculars, s'ha realitzat a través del càlcul de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR). L'Error Refractiu Perifèric Relatiu, s'obté mitjançant la diferència del component M excèntric i component M central. Així doncs, per cada excentricitat:

$$ERPR_{10}=M_{10}-M_0$$

$$ERPR_{15}=M_{15}-M_0$$

$$ERPR_{20}=M_{20}-M_0$$

Els valors obtinguts de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) respecte el centre es mostren a la Taula 11 i Taula 12:

Meridià ocular	RETINA TEMPORAL			RETINA NASAL		
	$ERPR_{20} \pm Sd$	$ERPR_{15} \pm Sd$	$ERPR_{10} \pm Sd$	$ERPR_{10} \pm Sd$	$ERPR_{15} \pm Sd$	$ERPR_{20} \pm Sd$
T-N (0°-180°)	0.78 ± 0.79	0.54 ± 0.64	0.26 ± 0.38	-0.01 ± 0.41	-0.12 ± 0.69	-0.12 ± 1.03
IT-SN (45°-225°)	-	0.19 ± 0.56	0.05 ± 0.37	-0.07 ± 0.49	-0.14 ± 0.73	-
ST-IN (135°-315°)	-	0.78 ± 0.84	0.31 ± 0.48	0.19 ± 0.45	0.24 ± 0.81	-

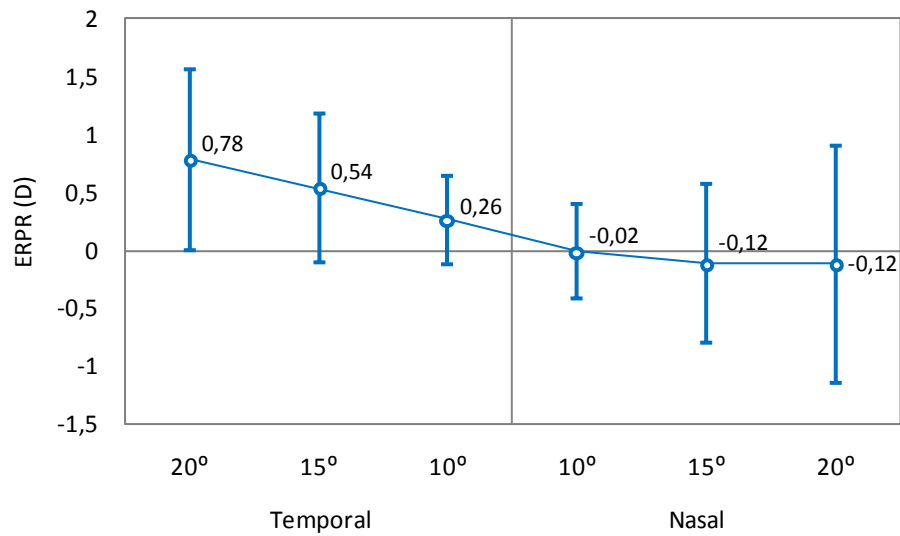
Taula 11; Valors de l'ERPR en els meridians horitzontal i oblics (T: zona temporal, N: zona nasal, IT: zona inferior-temporal, SN: zona superior-nasal)

Meridià ocular	RETINA SUPERIOR		RETINA INFERIOR	
	$ERPR_{15} \pm Sd$	$ERPR_{10} \pm Sd$	$ERPR_{10} \pm Sd$	$ERPR_{15} \pm Sd$
S-I (90°-270°)	-0.24 ± 0.74	-0.03 ± 0.51	0.08 ± 0.46	0.08 ± 0.69

Taula 12; Valors de l'ERPR en el meridià vertical (S: zona superior, I: zona inferior)

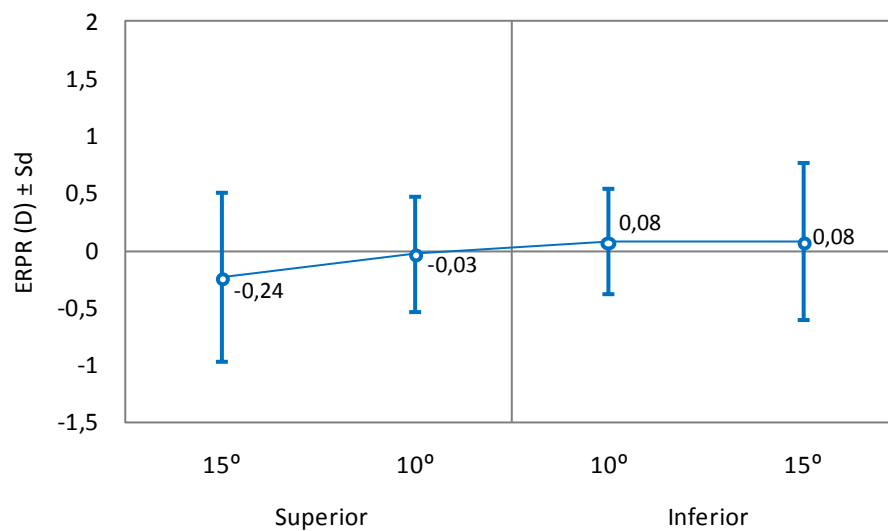
Un valor positiu de l'ERPR, indica hipermetropia relativa per aquella excentricitat i els valors negatius, indiquen miopia relativa per aquella excentricitat.

A la Gràfica 10, Gràfica 11, Gràfica 12 i Gràfica 13 es mostren tots els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) de manera individual per a tots els meridians i excentricitats analitzats en l'estudi.



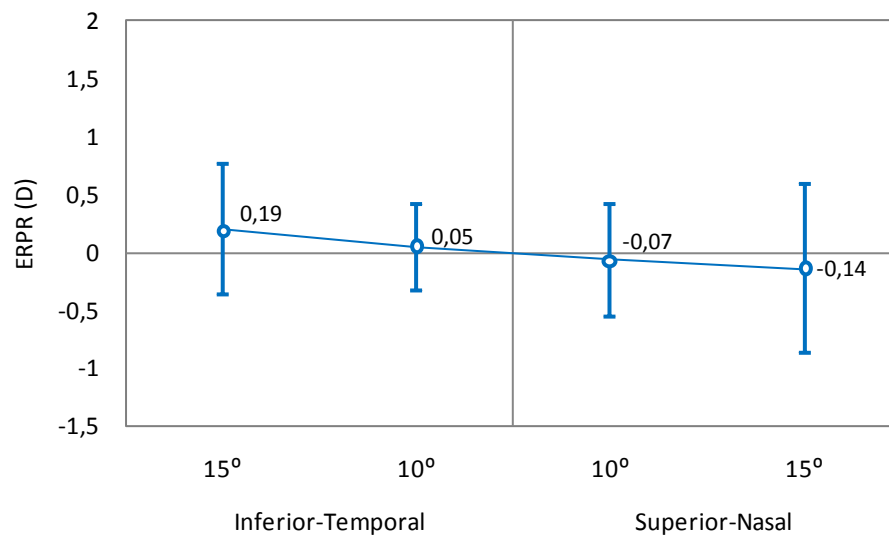
Gràfica 10; ERPR del meridià horitzontal

Analitzant els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) es pot interpretar que la hipermetropia relativa a la zona de la retina temporal augmenta de forma constant i significativa amb l'excentricitat, donant lloc a diferències significatives ($p < 0.05$) amb la miopia relativa de les excentricitats de la retina nasal. (Gràfica 10)



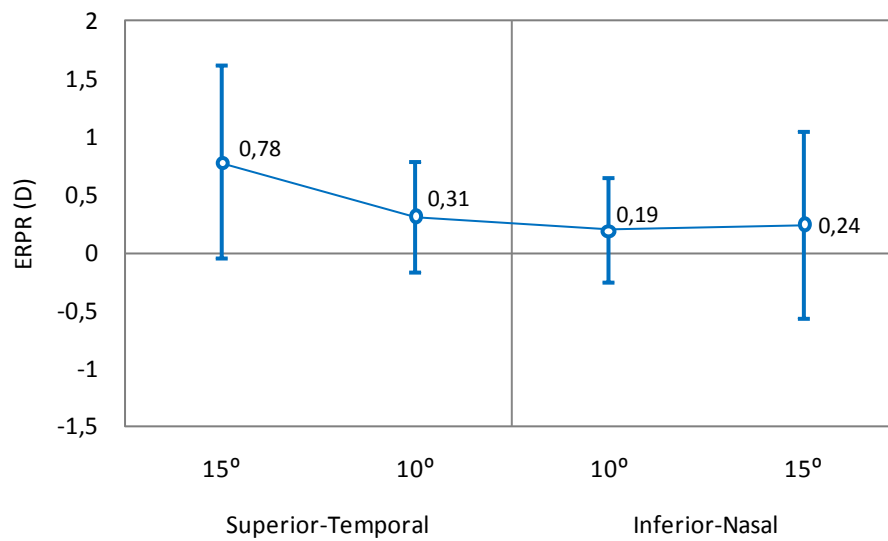
Gràfica 11; ERPR del meridià vertical

Analitzant els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) es pot interpretar que, la miopia relativa trobada a 15° d'excentricitat del meridià vertical a la zona de la retina superior, és significativament diferent ($p<0.05$) a les excentricitats de la mateixa zona de la retina i als valors de la hipermetropia relativa trobada en la zona de la retina inferior. (Gràfica 11)



Gràfica 12; ERPR del meridià oblic 45°-225°

Analitzant els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) es pot interpretar que, la hipermetropia relativa trobada en la zona de la retina inferior-temporal augmenta significativament amb l'excentricitat. Pels 15 d'excentricitat d'aquesta zona, difereixen significativament ($p<0.05$) amb els 10° d'excentricitat de la retina inferior-temporal i els valors de miopia relativa de la retina superior-nasal. (Gràfica 12)

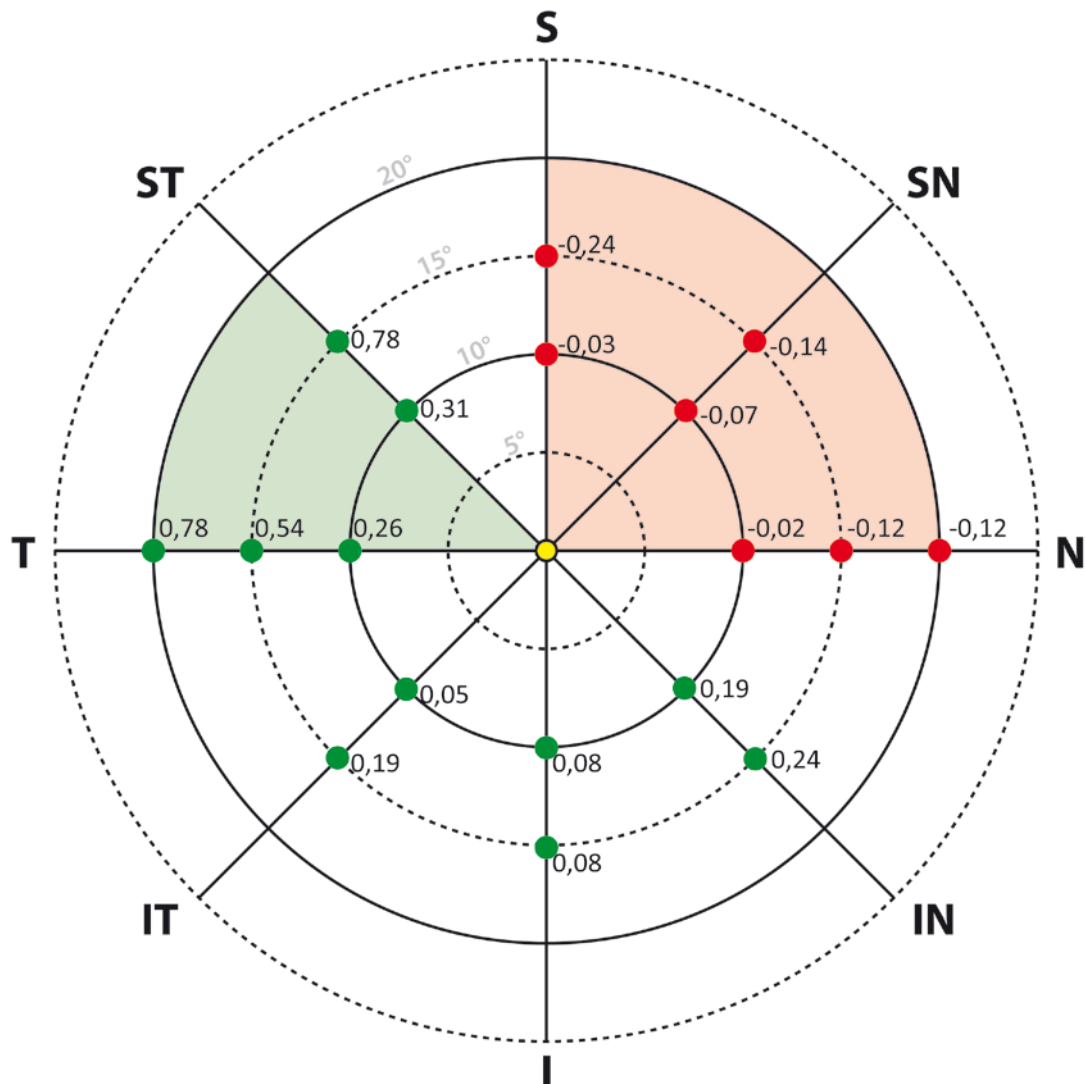


Gràfica 13; ERPR del meridià oblic 135°-315°

Analitzant els valors de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) es pot interpretar que, la hipermetropia relativa augmenta considerablement en la zona superior-temporal de la retina a mida que l'excentricitat augmenta. En el cas de l'excentricitat 15° de la retina superior-temporal, mostra diferències estadísticament significatives ($p \leq 0.001$) respecte tots els valors de les excentricitats d'aquest meridià. (Gràfica 13)

A l'Annex V, es poden consultar tots els valors exactes de les diferències significatives de l'ERPR per a les diferents excentricitats i meridians.

La Gràfica 14 simula la retina de l'ull dret on es mostren tots els valors de l'ERPR per a tots els punts analitzats en l'estudi. En color vermell, es representa totes les excentricitats on hi ha miopia relativa i en color verd, es representa la hipermetropia relativa.



Gràfica 14; ERPR per a tots els meridians i excentricitats estudiats

Com es pot observar a la gràfica anterior, el quadrant superior de la retina nasal mostra una tendència clara cap a miopia relativa. També, en el meridià vertical, es troba el límit de la retina on comença la hipermetropia relativa. Finalment, la zona superior de la retina temporal, és la part de la retina excèntrica amb major hipermetropia relativa.

4.3.- Resum de resultats

1. La mitjana de l'equivalent esfèric de la refracció central de la mostra estudiada és de $-1.87 \pm 2.47D$.
2. La zona de la retina superior-temporal (meridià oblic, 135° - 315°) és la que presenta els valors excèntrics del component M (equivalent esfèric) més positius i, la zona de la retina superior-nasal és la que presenta els valors excèntrics més negatius.
3. Les diferències més significatives ($p < 0.001$) del component M excèntric, respecte el valor central, es troben a la zona de la retina temporal del meridià oblic (135° - 315°) i del meridià horitzontal, en totes les seves excentricitats, essent significativament més positius que el valor axial. El sector de la zona temporal de la retina, entre els meridians 135° - 225° (superior-temporal i inferior-temporal), aglutina el major nombre de resultats significativament més positius del component M considerant cada meridià.
4. El valor de J0 i J45 del component de l'astigmatisme, en general, augmenta amb l'excentricitat. Si bé, en general, són valors petits ($< 0.1D$), a 20° d'excentricitat la magnitud pot augmentar fins el doble o més del valor del component de l'astigmatisme del valor central.
5. El component J0 mostra astigmatisme invers en la retina nasal a 15° i 20° d'excentricitat, a diferència dels resultats obtinguts en la resta de meridians i excentricitats de la retina.
6. El component J45 mostra una tendència cap a astigmatisme oblic invers (eix de direcció entre 45° i 90°) al quadrant inferior de la retina temporal, mentre que, a la resta de localitzacions acostuma a ser astigmatisme oblic directe (eix de direcció entre 0° i 45°).
7. L'anàlisi de l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR), evidencia una tendència cap a miopia relativa en el quadrant superior de la retina nasal, on la zona superior del meridià vertical, actua com a límit que separa les dues zones de major hipermetropia relativa (superior-temporal) i la miopia relativa (superior-nasal).
8. L'àrea situada entre el meridià oblic (135° - 315°) i el meridià horitzontal de la retina temporal, presenta els valors més alts d'hipermetropia relativa.

Capítol 5.- Discussió i conclusions

Diferents estudis suggereixen que els ulls miops tendeixen a presentar hipermetropia relativa a la perifèria de la retina, mentre que, els ulls hipermetrops s'associen a miopia relativa excèntrica (Ehsai A, et al. 2011), (Atchison DA, et al. 2006), (Chen X, et al. 2010). Per altra banda, Logan NS, et al. (2004) i Seidemann A, et al. (2002), han estudiat la relació entre l'error refractiu excèntric (hipermetropia o miopia relativa) i la forma del pol posterior del globus ocular, de manera que, es vincula la hipermetropia relativa amb una forma prolata i la miopia relativa amb una forma oblata del pol posterior de l'ull.

L'objectiu del present treball és mesurar l'error refractiu perifèric i analitzar les asimetries refractives en diferents excentricitats de la retina (10º, 15º pel meridià horitzontal, vertical i oblics, i 20º, també pel meridià horitzontal), d'una mostra homogènia de subjectes joves amb característiques similars en quant a entorn visual, demandes visuals i nivell socioeconòmic.

Amb aquest estudi es pretén contribuir en la descripció de les peculiaritats i els trets distintius de la refracció perifèrica del pol posterior de l'ull en els diferents meridians oculars.

L'equivalent esfèric de la refracció central de la mostra és una mitjana de $-1.87 \pm 2.47D$, la qual cosa indica una miopia baixa característica de la mostra estudiada: estudiants universitaris que viuen en un entorn urbà.

L'estudi que va realitzar Chen X, et al. (2010), va trobar que en el meridià vertical, els valors del component M (equivalent esfèric), augmenten negativament a mesura que augmenta l'excentricitat. Aquests resultats coincideixen amb els trobats en el present estudi per la zona superior de la retina, ja que, en el quadrant superior-nasal es troben els valors del component M de l'error refractiu perifèric més negatius de la retina, mentre que, a la zona de la retina superior-temporal (meridià oblic 135° - 315°), es troben els valors del component M, més positius de la retina. Concretament, el sector superior-temporal (meridià horitzontal i oblic (135° - 315°)) aglutina el major nombre de resultats significativament més positius considerant el valor del component M central. A més, és en aquest quadrant, on es troben els valors més positius significativament diferents, considerant cada meridià per separat.

L'anàlisi dels component J0 i J45 de l'astigmatisme indica que, en general, es tracta de magnituds inferiors a 0.1D que són clínicament poc rellevants, però en les localitzacions més allunyades de l'eix visual poden arribar a doblar o triplicar aquest valor. Estudis relacionats amb la magnitud de la potència cilíndrica (Gustafsson J, et al. 2001), (Atchison DA, et al. 2006), (Ehsai A, et al. 2011), han demostrat que la potència cilíndrica, en general, augmenta considerablement a mesura que augmenta l'excentricitat per tots els meridians, al igual que hem obtingut en aquest treball. Cal destacar, que en la zona nasal del meridià horitzontal, el component J0 de l'astigmatisme, presenta resultats considerables (0.33D i 0.49D) d'astigmatisme invers (eix de direcció a 90°), a les excentricitats 15° i 20° de la retina nasal. Aquest resultat és possible que tingui a veure amb l'efecte de la existència de la taca cega en aquella zona de la retina i que pot influir en el valor de l'error refractiu perifèric. Els resultats del component J0 que s'han obtingut en aquest estudi, coincideixen amb els que va trobar (Atchison DA, et al. 2006), on s'aprecia un augment de l'asimetria del valor J0 en el meridià horitzontal, ja que, en aquesta zona també va trobar astigmatisme invers (eix de direcció a 90°) a diferència de les altres localitzacions de la retina. Per altra banda, els resultats obtinguts en el present estudi, mostren un augment de la magnitud d'astigmatisme del component J0 amb l'excentricitat al igual que l'estudi que va realitzar (Ehsai A, et al. 2011).

Els resultats del component J45 augmenten significativament amb l'excentricitat en, gaire bé, tots els meridians analitzats en l'estudi mostrant un astigmatisme oblic directe (eix de direcció 0° - 45°) en la majoria de localitzacions excèntriques, excepte en el quadrant inferior de la retina temporal on hi ha astigmatisme oblic invers (eix de direcció entre 45° i 90°), la qual cosa, no coincideix amb els resultats (Atchison DA, et al. 2006) i (Ehsai A, et al. 2011).

Per analitzar les asimetries refractives del pol posterior de l'ull s'ha calculat l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR), per a cada excentricitat estudiada, al llarg dels quatre meridians oculars (horitzontal, vertical, oblics (45°-225°, 135°-315°). L'anàlisi de l'ERPR, indica que el quadrant superior-nasal de la retina, presenta miopia relativa en totes les localitzacions estudiades. És precisament en la zona superior del meridià vertical on s'obtenen els valors de miopia relativa més elevats i que augmenten amb l'excentricitat. El meridià vertical a la zona superior, representa un límit geogràfic de la retina que separa les dues zones de més contrast refractiu: la zona superior-nasal que presenta miopia relativa i la zona superior-temporal que presenta la major hipermetropia relativa. Per altra banda, és en el meridià horitzontal de la regió temporal on es mostren les majors diferències significatives respecte el valor central, i també, respecte la regió nasal. Per tant, l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR), mostra una tendència cap a hipermetropia relativa a mesura que augmenta l'excentricitat en el cas de tots els meridians, excepte en el quadrant superior de la retina nasal, que tal i com s'ha indicat anteriorment, presenta miopia relativa.

Diferents estudis relacionats amb l'Error Refractiu Perifèric Relatiu (ERPR) mostren que en els subjectes emmetrops (± 0.50 D), en totes les zones de la retina la refracció es manté constant excepte en el meridià vertical-superior que presenta miopia relativa, en canvi, pels subjectes miops, presenten hipermetropia relativa en totes les zones de la retina (Ehsai A, et al. 2011). No obstant, (Atchison DA, et al. 2006), va trobar que pels grups del miops, la magnitud de refracció afecta en la magnitud dels valors de la hipermetropia relativa de les diferents excentricitats dels meridians principals de l'ull (horitzontal i vertical). El valor de refracció de miopia del treball de Atchison DA, et al. (2006) ($M_0 = -5.00$ D i $M_0 = -6.00$) indica que són miops moderats alts i diferents al de la mostra del present treball que presenta miopia baixa ($M_0 = -1.87$), per tant, podria explicar de manera coherent les diferències trobades amb els nostres resultats. En un altre estudi (Dunne M, et al. 1993) es va trobar miopia relativa en la zona de la retina nasal, al igual que s'ha trobat en aquest treball.

L'asimetria refractiva trobada, miopia relativa en la zona superior-nasal de la retina i hipermetropia relativa en la zona superior-temporal, indica indirectament una asimetria en la forma del pol posterior del globus ocular, que es caracteritzaria per una forma prolata de l'ull, sobretot, en la zona temporal-superior i oblata en la zona nasal superior de la retina.

Futurs estudis, amb l'objectiu d'aprofundir en la recerca d'aquesta investigació, podrien fer aquest mateix estudi en una mostra de subjectes infants i adolescents per conèixer les característiques de l'error refractiu perifèric en les diferents localitzacions de la retina durant l'etapa de creixement i desenvolupament. Així com, realitzar un estudi a una mostra més gran de subjectes amb diferents condicions refractives centrals i analitzar l'error refractiu en els diferents meridians oculars i excentricitats tenint en compte cada error refractiu central. També, degut a les limitacions de l'instrument que hem tingut durant el procediment d'aquest estudi, per poder analitzar més

localitzacions de la retina perifèrica, podria realitzar-se un estudi on el muntatge no permetés aquestes limitacions de l'instrument. Un altre possible estudi, seria realitzar les mateixes mesures que s'han fet en aquest estudi però amb un biòmetre, de tal manera que, es pogués complementar amb el nostre estudi i conèixer de manera directa les longituds en els diferents meridians i excentricitats de l'ull per tal d'associar-les a una forma del pol posterior de l'ull més detallada.

Capítol 6.- Bibliografia

6.1.- Referències

Atchinson DA. «Comparision of Peripheral Refractions Determined by Differents Instruments.» Opt Vis Science; 80 Vol9: 655-660, 2003.

Atchinson DA, Scott DH. «Monochromatic aberrations of human eyes in horizontal visual field.» J Opt Soc Am;19: 2180-4, 2002.

Atchison DA, Pritchard N, Schmid K L. «Peripheral refraction along the horizontal and vertical visual fields in myopia.» Vision Research; 46:1450-1458, 2006.

Atchison DA, Pritchard N, Schmid KL, Scott DH, Jones CE, Pope JM. «Shape of the retinal surface in emmetropia and myopia.» Invest Ophthalmol Vis Sci.; 46:2698-707, 2005.

Chen X, Sankaridurg P, Donovan L. «Characteristics of peripheral refractive errors of myopic and non-myopic Chineses eyes.» Vision Research; 50:31-35, 2010.

Davies LN, Harry Mallen EA, Wolffsohn JS, Gilmartin B. «Clinical Evaluation of the Shin-Nippon NVision-K5001/ Grand Seiko WR-5100K Autorefractor.» Opt Vis Science; 80 Vol4: 320-324, 2003.

- Díaz A. «Caracterització refracció perifèrica en infants.» UPC Commons, 2013.
- Dunne M, Misson GP, White EK, Barnes DA. «Peripheral astigmatic asymmetry and angle alpha.» *Ophthalmic Physiol Opt.*; 13:303-305, 1993.
- Ehsai A, Mallen E A H , Chisholm C M, Pacey I E. «Cross-sectional Sample of Peripheral Refraction in Four Meridians in Myopes and Emmtropes.» *Invest Ophthalmol Vis Sci.*; 52: 7574-7585, 2011.
- Fedtke C, Ehrmann K, Holden BA. «A Review of Peripheral Refraction Techniques.» *Opt Vis Science*; 86 vol 5: 430-446, 2009.
- Ferree CE, Rand G, Hardy C. «Refraction for the peripheral field of vision.» *Arch Ophthalmol.*; 5:717-731, 1931.
- Ferree CE, Rand G, Hardy C. «Refractive asymmetry in the temporal and nasal halves of the visual field.» *Am J Ophthalmol.*; 15:513-522, 1932.
- Gottlieb M, Fugate-Wentzek LA, Wallman J. «Different visual deprivations produce different ametropias and different eye shapes.» *Invest Ophthalmol Vis Sci.*; 28:1225-35, 1987.
- Gustafsson J, Terenius E, Buchheister, Unsbo P. «Peripheral astigmatism in emmetropic eyes.» *Ophthalmic Physiol Opt.*; 21:393-400, 2001.
- Hodos W, Kuenzel WJ. «Retinal-image degradation produces ocular enlargement in chicks.» *Invest Ophthalmol Vis Sci.*; 25:652-9, 1984.
- Hoogerheide J, Rempt F, Hoogenboom WP. «Acquired myopia in young pilots.» *Ophthalmologica*; 163:209-215, 1971.
- Logan NS, Gilmartin B, Wildsoet CF, Dunne MC. «Posterior retinal contour in adult human anisomyopia.» *Invest Ophthalmol Vis Sci.*; 45:2452-2462, 2004.
- Lundström L, Gustafsson nJ, Svensson I, Unsbo P. «Assessment of objective and subjective eccentric refraction.» *Optom Vis Sci.*; 82: 298-306, 2005.
- Mathur A, Atchinson DA, Kasthurirangan S, Dietz NA. «The influence of oblique viewing on axial and peripheral refraction for emmetropes and myopes.» *Ophthalmic Physiol Opt.*;29 vol 2:155-161, 2009.
- Millodot M. «Effect of ametropia on peripheral refraction.» *Am J Optom Physiol Opt.*; 58:691-695, 1981.

Norton TT, Siegwart JT. «Animal models of emmetropization: matching axial length to the focal plane.» J Am Optom Assoc.; 66:405-14, 1995.

Radhakrishnan H, Charman WN. «Peripheral refraction measurement: does it matter if one turns the eye or the head?» Ophthalmic Physiol Opt.;28 vol 1: 73-82, 2008.

Radhakrishnan H, Charman WN. «Refractive changes associated with oblique viewing and reading in myopes and emmetropes.» J Vision;8, 2007.

Rempt F, Hoogerheide J, Hoogenboom WP. «Peripheral retinoscopy and the skiagram.» Ophthalmologica; 162:1-10, 1971.

Ronchi L. «Absolute threshold before and after correction of oblique astigmatism.» J Opt Soc Am; 61:1705-1709, 1971.

Schmid GF. «Variability of retinal steepness at the posterior pole in children 7-15 years of age.» Current Eye Res.; 27:61-68, 2003.

Seidemann A, Schaeffel F, Guirao A, Lopez-Gil N, Artal P,. «Peripheral refractive errors in myopic, emmetropic, and hyperopic young subjects.» Journal of the Optical Society of America A. Optics and Image Sci.; 19:2363-2373, 2002.

Smith EL, Ramamirtham R, Qiao-Grider Y, Hung LF, Huang J, Kee CS, Coats D, Paysse E. «Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia.» Invest Ophthalmol Vis Sci.;48:3914-22, 2007.

Stone RA, Fliedert D. «Ocular Shape and Myopia.» Ann Acad Med Singapore; 33:7-15, 2004.

Thibos L, Wheeler W, Horner D. «Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error.» Optometry and vision science 74, June, 1997. 6: 367-375.

Vila N. «Refracció perifèrica: Relació amb el desenvolupament de la miopia.» UPC Commons, 2011.

Wallman J, Gottlieb MD, Rajaram V, Fugate-Wentzek LA. «Local retinal regions control local eye growth and myopia.» Science; 237: 73-7, 1987.

Williams DR, Artal P, Navarro R, McMAhon MJ, Brainard DH. «Off-axis optical quality and retinal sampling in the human eye.» Vision Res; 35: 1103-14, 1996.

Wing CT, Ying Yung Tang and Carly S. Y. Lam. «How representative is the 'Representative Value' of refraction provided by the Shin-Nippon NVision-K 5001 autorefractor?» *Ophthalmic Physiol Opt*; 34:89-93, 2014.

Annexes

ANNEX I.- Formulari de consentiment informat

Per tal de poder investigar sobre les variacions de l'error refractiu en els diferents meridians ocular s'ha elaborat un protocol d'estudi en el qual volem mesurar la refracció central i perifèrica de persones joves.

Per obtenir aquestes mesures de refracció farem servir instruments o tècniques no invasives que ens permetin comparar els resultats obtinguts, tant en refracció central com en refracció perifèrica.

Nom i Cognoms _____

Dono el meu consentiment a participar en l'estudi sabent que:

- 1.- Els detalls de l'estudi m'han estat explicats correctament
- 2.-Tota la informació personal que s'obtingui de la meva col·laboració serà confidencial
- 3.-És possible que d'aquest estudi en sorgeixin publicacions i participacions en congressos, però el meu nom no hi apareixerà.
- 4.-La meva participació en aquest estudi és voluntària i puc retirar me'n lliurement en qualsevol moment.

Terrassa, _____ de _____ de 2014

Signatura del pacient

ANNEX II.- Valors de les diferències significatives del component M

- Comparació del component vectorial M de les diferents excentricitats dels meridians, respecte el valor del component M central.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal	p=0.000
	15º Temporal	p=0.000
	10º Temporal	p=0.000
Meridià vertical	10º Superior	p=0.046
Meridià oblic (45º-225º)	15º Inferior-temporal	p=0.032
Meridià oblic (135º-315º)	15º Superior-temporal	p=0.000
	10º Superior-temporal	p=0.000
	10º Inferior-nasal	p=0.009

- Comparació del component vectorial M entre les diferents excentricitats d'un mateix meridià.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal/ 15º Temporal	p=0.001
	20º Temporal/ 10º Temporal	p=0.000
	20º Temporal/ 10º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 10º Temporal	p=0.000
	15º Temporal/ 10º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 20º Nasal	p=0.002
	10º Temporal/ 10º Nasal	p=0.003
	10º Temporal/ 15º Nasal	p=0.003
	10º Temporal/ 20º Nasal	p=0.027
Meridià vertical	15º Superior/ 10º Superior	p=0.000
	15º Superior/ 10º Inferior	p=0.026
	15º Superior/ 15º Inferior	p=0.042
Meridià oblic (45º - 225º)	15º Inferior-temporal/ 10º Inferior-temporal	p=0.012
	15º Inferior-temporal/ 10º Superior-nasal	p=0.009
	15º Inferior-temporal/ 15º Superior-nasal	p=0.005
Meridià oblic (135º - 315º)	15º Superior-temporal/ 10º Superior-temporal	p=0.000
	15º Superior-temporal/ 10º Inferior-nasal	p=0.000
	15º Superior-temporal/ 15º Inferior-nasal	p=0.001

ANNEX III.- Valors de les diferències significatives del component J0

- Comparació del component vectorial J0 de les diferents excentricitats dels meridians, respecte el valor del component J0 central.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal	p=0.003
	10º Temporal	p=0.007
	15º Nasal	p=0.000
	20º Nasal	p=0.000
Meridià vertical	15º Superior	p=0.000
	10º Superior	p=0.020
	10º Inferior	p=0.048
	15º Inferior	p=0.000
Meridià oblic (45º-225º)	15º Inferior-temporal	p=0.016
Meridià oblic (135º-315º)	15º Superior-temporal	p=0.000
	10º Superior-temporal	p=0.005
	10º Inferior-nasal	p=0.000
	15º Inferior-nasal	p=0.000

- Comparació del component vectorial J0 entre les diferents excentricitats d'un mateix meridià.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal/ 10º Nasal	p=0.008
	20º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	10º Temporal/ 10º Nasal	p=0.018
	10º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	10º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	10º Nasal/ 15º Nasal	p=0.000
	10º Nasal/ 20º Nasal	p=0.000
	15º Nasal/ 20º Nasal	p=0.000
Meridià vertical	15º Superior/ 10º Superior	p=0.000
	15º Superior/ 10º Inferior	p=0.027
	10º Superior/ 15º Inferior	p=0.018
	10º Inferior/ 15º Inferior	p=0.000
Meridià oblic (45º - 225º)	10º Inferior-temporal/ 15º Inferior-temporal	p=0.016
Meridià oblic (135º - 315º)	15º Superior-temporal/ 10º Superior-temporal	p=0.000
	10º Superior-temporal/ 15º Inferior-nasal	p=0.026
	10º Inferior-nasal/ 15º Inferior-nasal	p=0.038

ANNEX IV.- Valors de les diferències significatives del component J45

- Comparació del component vectorial J45 de les diferents excentricitats dels meridians, respecte el valor del component J45 central.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal	p=0.003
	10º Temporal	p=0.010
	15º Nasal	p=0.009
	20º Nasal	p=0.005
Meridià vertical	15º Superior	p=0.000
	10º Superior	p=0.000
	10º Inferior	p=0.001
	15º Inferior	p=0.004
Meridià oblic (45º-225º)	15º Superior-nasal	p=0.000
	10º Superior-nasal	p=0.000
	10º Inferior-temporal	p=0.001
	15º Inferior-temporal	p=0.000

- Comparació del component vectorial J45 entre les diferents excentricitats d'un mateix meridià.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal/ 15º Temporal	p=0.047
	20º Temporal/ 10º Nasal	p=0.001
	20º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 15º Nasal	p=0.023
	15º Temporal/ 20º Nasal	p=0.011
	10º Temporal/ 10º Nasal	p=0.007
	10º Temporal/ 15º Nasal	p=0.001
	10º Temporal/ 20º Nasal	p=0.001
	10º Nasal/ 15º Nasal	p=0.014
	10º Nasal/ 20º Nasal	p=0.012
Meridià vertical	15º Superior/ 10º Superior	p=0.000
	15º Superior/ 10º Inferior	p=0.000
	15º Superior/ 15º Inferior	p=0.000
	10º Superior/ 10º Inferior	p=0.000
	10º Superior/ 15º Inferior	p=0.000
Meridià oblic (45º -225º)	15º Superior-nasal/ 10º Superior-nasal	p=0.000
	15º Superior-nasal/ 10º Inferior-temporal	p=0.000
	15º Superior-nasal/ 15º Inferior-temporal	p=0.000
	10º Superior-nasal/ 10º Inferior-temporal	p=0.000
	10º Superior-nasal/ 15º Inferior-temporal	p=0.000
	10º Inferior-temporal/ 15º Inferior-temporal	p=0.001
Meridià oblic (135º - 315º)	10º Inferior-nasal/ 10º Superior-temporal	p=0.041
	10º Inferior-nasal/ 15º Inferior-nasal	p=0.009

ANNEX V.- Valors de les diferències significatives de l'ERPR

- Comparació de l'ERPR en els diferents meridians i excentricitats.

Comparació de meridians		Sig. Bilateral
Meridià horitzontal	20º Temporal/ 15º Temporal	p=0.001
	20º Temporal/ 10º Temporal	p=0.000
	20º Temporal/ 10º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	20º Temporal/ 20º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 10º Temporal	p=0.000
	15º Temporal/ 10º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 15º Nasal	p=0.000
	15º Temporal/ 20º Nasal	p=0.002
	10º Temporal/ 10º Nasal	p=0.003
	10º Temporal/ 15º Nasal	p=0.003
	10º Temporal/ 20º Nasal	p=0.027
Meridià vertical	15º Superior/ 10º Superior	p=0.000
	15º Superior/ 10º Inferior	p=0.026
	15º Superior/ 15º Inferior	p=0.042
Meridià oblic (45º - 225º)	15º Inferior-temporal/ 10º Inferior-temporal	p=0.012
	15º Inferior-temporal/ 10º Superior-nasal	p=0.009
	15º Inferior-temporal/ 15º Superior-nasal	p=0.005
Meridià oblic (135º - 315º)	15º Superior-temporal/ 10º Superior-temporal	p=0.000
	15º Superior-temporal/ 10º Inferior-nasal	p=0.000
	15º Superior-temporal/ 15º Inferior-nasal	p=0.001
10º Superior-temporal/ 10º Superior		p=0.000
15º Superior-temporal/ 15º Superior		p=0.000

